

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

FABRICIO KURMAN MERLIN

Os mecanismos da aprendizagem conceitual por meio de teorias  
cognitivas: uma contribuição à Educação em Engenharia

Florianópolis  
2016



Fabrizio Kurman Merlin

Os mecanismos da aprendizagem conceitual por meio de teorias  
cognitivas: uma contribuição à Educação em Engenharia

Tese apresentada como requisito  
final à obtenção do título de Doutor  
no Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção,  
Departamento de Engenharia de  
Produção e Sistemas, da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina.

Orientadora: Vera Lúcia Duarte do  
Valle Pereira, Dra.

Florianópolis  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Merlin, Fabrício Kurman

Os mecanismos da aprendizagem conceitual por meio de  
teorias cognitivas: uma contribuição à Educação em Engenharia  
/ Fabrício Kurman Merlin ; orientadora, Vera Lúcia Duarte  
do Valle Pereira - Florianópolis, SC, 2016.  
184 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação  
Multidisciplinar em Saúde.

Inclui referências

1. Saúde. 2. Teorias Cognitivas. 3. Equilíbrio. 4.  
Aprendizagem Conceitual. 5. Educação em Engenharia. I.  
Pereira, Vera Lúcia Duarte do Valle. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação  
Multidisciplinar em Saúde. III. Título.

Fabricao Kurman Merlin

**OS MECANISMOS DA APRENDIZAGEM CONCEITUAL POR  
MEIO DE TEORIAS COGNITIVAS: UMA CONTRIBUIÇÃO À  
EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Produção (PPGEP), como requisito à obtenção do título de Doutor em  
Engenharia de Produção.

Florianópolis, 24 de agosto de 2016.

---

Fernando Antônio Forcellini, Dr.  
Coordenador PPGEP

---

Vera Lúcia Duarte do Valle Pereira, Dra.  
Orientadora – Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora

---

Liane Ludwig Loder, Dra.  
Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul – UFRGS

---

Walter Antônio Bazzo, Dr.  
Universidade Federal de Santa  
Catarina – UFSC

---

Nival Nunes de Almeida, Dr.  
Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro – UERJ

---

Shiderlene V. de Almeida, Dra.  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná – UTFPR

---

Waldemar Pacheco Júnior, Dr.



## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho não teria sido possível se pessoas extraordinárias não tivessem passado pela minha vida ao longo desses anos. Meus (eternos) agradecimentos ao meu pai Luiz Henrique, minha mãe Dayse e meu irmão André Luiz, pelo apoio, amor e compreensão. À Gabriela, pelo incentivo, compreensão, amor, e por sempre estar ao meu lado.

À Professora Vera Lúcia Duarte do Valle Pereira, minha orientadora que sempre acreditou no meu trabalho, por seus ensinamentos, sua amizade e seu carinho de mãe. Ao Professor Hyppólito do Valle Pereira (*in memoriam*), pelos seus ensinamentos. Ao Professor Waldemar Pacheco Júnior, pelos seus ensinamentos e suas críticas. À Rosimeri Maria de Souza, pelo carinho e o maravilhoso trabalho na secretaria do PPGE. À coordenação do PPGE por todo o apoio.

À Professora Solange Maria Loureiro e ao Professor Gilberto Valentim Silva, pelo apoio, amizade, carinho e hospitalidade.

À Direção Geral, Direção de Graduação e coordenação do Curso de Engenharia Têxtil do Campus Apucarana, que permitiu que eu realizasse minha pesquisa. À Direção de Pós-Graduação do Campus Apucarana que possibilitou que eu me afastasse por alguns meses, para que eu pudesse finalizar minha tese. Aos estudantes da disciplina de Introdução à Engenharia que participaram das entrevistas, pelo seu tempo e dedicação na disciplina. Ao Professor Ronie Galeano, colega de trabalho e amigo de todas as horas. À Wierly de Lima Barboza, pelo incentivo ao meu trabalho como educador e suas discussões sobre educação sempre estimulantes.

Aos professores Liane Ludwig Loder, Shiderlene Vieira de Almeida, Nival Nunes de Almeida e Walter Antonio Bazzo, pelas valiosas contribuições de suas críticas e considerações sobre o meu trabalho na banca final.

Finalmente, a essa força cósmica universal que está muito além da nossa compreensão, com suas maravilhosas leis naturais, de amor e de progresso, que regem a existência humana.





## Resumo

A aprendizagem conceitual viabiliza a lacuna que existe entre o comportamento do iniciante para o iniciado (ou mais experiente), permitindo a articulação de um conhecimento estruturado ao desenvolvimento de competências em novas situações na Engenharia tanto para um domínio técnico quanto para um humanista. Embora exista informação substancial sobre o desenvolvimento de *expertise* ao suporte do ensino de Engenharia, este é amplamente direcionado às características do *status* do novato e do experiente; há uma lacuna no que diz respeito aos mecanismos de metacognição responsáveis pela condução de um estado de comportamento para outro; além disso, há lacunas sobre a aprendizagem conceitual no domínio humanista, onde o engenheiro é visto não só como um tecnologista, mas um *expert* social que precisa não só gerir recursos e pessoas, mas também integrar conhecimentos de outras áreas além das exatas. Das teorias cognitivas que concorrem com suas propostas de mecanismos explicativos, identificam-se cinco: *equilíbrio*, *theory-theory*, *framework-theory*, *ontological view* e *knowledge in pieces*. Dessa forma, a questão central de pesquisa que se estabelece, sob a perspectiva dessas teorias cognitivo-construtivistas é: quais são os mecanismos viabilizadores da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia? Com o Objetivo Geral de verificar quais são esses mecanismos, defende-se a tese de que esses mecanismos de cognição viabilizadores têm a sua explicação parcialmente elaborada através do eixo Equilíbrio, proposto por Jean Piaget. No intuito de verificar empiricamente o funcionamento desses mecanismos, realizou-se um estudo de caso com 18 estudantes de Engenharia, matriculados regularmente na disciplina de Introdução à Engenharia, durante dois semestres letivos, a fim de acompanhar os seus progressos. Nesta disciplina, que serviu de contexto para se trabalhar com maior ênfase sobre o domínio humanista, os estudantes calouros foram solicitados a estabelecer conexões teóricas sobre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia no intuito de exercitar habilidades de pensamento crítico. Coletaram-se os dados por meio de entrevistas semiestruturadas gravadas (antes, durante e após o período da realização da atividade) e analisados por meio do método da análise de conteúdo de Bardin. Os resultados dos progressos obtidos pelos estudantes em suas articulações foram avaliados e comparados às proposições teóricas formuladas em termos das configurações de conhecimento iniciais, finais e das regularidades produzidas pelos mecanismos, a partir dos cinco eixos teóricos. Constatou-se haver convergência para o funcionamento dos mecanismos propostos pelo

eixo da Equilibração, conferindo-lhe aplicabilidade à explicação da aprendizagem conceitual do estudante de engenharia. Entendeu-se, portanto, o eixo da equilibração como uma alternativa viável ao enfoque sobre as transformações que ocorrem durante a aprendizagem conceitual dos estudantes, que lhes permitem a mudança de estados de comportamento do novato em direção ao iniciado (ou mais experiente).

Palavras-chave: Teorias Cognitivas, Equilibração, Aprendizagem Conceitual, Domínio humanista, Educação em Engenharia, Ensino Superior.

## Abstract

Conceptual learning enables the gap between the novice behavior to a more experienced one, allowing the articulation of a structured knowledge to develop competencies in new situations in Engineering for both technical and humanist domains. Although there is substantial information on the development of expertise to support engineering education, this is largely directed to the characteristics of novice and experienced statuses; there is a gap related to the metacognition mechanisms responsible for driving a behavior status to another; Moreover, there are gaps on conceptual learning in the humanist domain, where the engineer is seen not only as a technologist, but a social expert who must not only manage resources and people, but also integrate knowledge from other areas beyond engineering. From the cognitive theories that dispute the explaining mechanisms, there are five theoretical thrusts to consider: equilibration, theory-theory, framework-theory, ontological view e knowledge in pieces. Thus, the cetnral research question that raises under the perspective of these cognitive-constructivist theories is: What are the mechanisms that enable the conceptual learning in the engineering student? With the General Objective of verifyng what are these mechanisms, this thesis stands for those mechanisms proposed by Jean Piaget, through the equilibration thrust. In order to verify empirically the mechanisms' operations, a case study with 18 engineering students, regularly enrolled in a Introduction to Engineering course, was undertaken in order to monitor their progress. In this course, which provided the context to work with greater emphasis on the humanist domain, freshmen were requested to establish theoretical connections on the concepts of Science, Art, Technology and Engineering in order to stimulate critical thinking skills. The data were collected through recorded semistructured interviews (before, during and after the period the activity was carried out in the course of Introduction to Engineering) and analyzed using Bardin's content analysis method. The results of the progress obtained by the students in their conceptual statements were evaluated and compared to the predictions formulated by means of the initial and final knowledge configurations and the regularities produced by the mechanisms, considering those five theoretical thrusts. The predictions related to the mechanisms' operation converged totally to the equilibration thrust. These results stand for its applicability to explain the conceptual learning in the engineering student. The main conclusion is that the equilibration thrust is a viable alternative to focus on the changes that

occur during the engineering students' conceptual learning, which allow them to change their novice status toward a more experienced one.

**Keywords:** Cognitive Theories, Equilibration, Conceptual Learning, Humanist Domain, Engineering Education, Higher Education.

## LISTA DE ABREVIATURAS

A – Arte  
AA – Atividades de Avaliação  
AEA – Atividades de Ensino Aprendizagem  
C – Ciência  
CA – Critérios de Avaliação  
CD – Coerência Discursiva  
CNE – Conselho Nacional de Educação  
CT – Continuidade Temática  
E - Engenharia  
Eq – Equilíbrio  
FT – *Framework-Theory*  
KiP – *Knowledge in Pieces*  
MAC – Método de Alinhamento Construtivo  
NC – Não-Contradição  
OV – *Ontological View*  
P-prims – *Phenomenological Primitives*  
PS – Progressão Semântica  
RA – Resultados de Aprendizagem  
RAPU – Resultados de Aprendizagem da Unidade  
RI – Relevância da Informação  
SOLO – *Structured Observed Learning Outcomes (Taxonomy)*  
T – Tecnologia  
TT – *Theory-Theory*

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Esquematização do Alinhamento Construtivo de Biggs para o processo de aprendizagem .....	71
Figura 2 – Visão geral da organização do conteúdo das entrevistas analisado. ....	84
Figura 3 – Tipos de tarefas realizadas enunciadas pelos participantes. ....	89

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Seis características básicas do processo de aprendizagem.	40
Quadro 2 – Exemplos de definições encontradas na literatura.....	72
Quadro 3 – Pré-análise da Atividade 1 por meio da Taxonomia SOLO. .....	76
Quadro 4 – Composição da amostra na primeira etapa da coleta de dados quanto ao gênero e idade.....	80
Quadro 5 – Composição da amostra na segunda etapa da coleta de dados quanto ao gênero e idade. ....	81
Quadro 6 – Estrutura de avaliação para a coerência discursiva das explicações.....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudos relacionados aos mecanismos de cognição responsáveis pela viabilização da aprendizagem conceitual no indivíduo. .....	29
Tabela 2 – Caracterização dos mecanismos de cognição de acordo com seus eixos teóricos.....	57
Tabela 3 – Proposições teóricas formuladas para guiar a coleta de dados e análises no estudo de caso. ....	66
Tabela 4 – Contagem dos índices sobre a 1ª e 2ª definição de Ciência. 91	
Tabela 5 – Contagem dos índices sobre a 1ª e 2ª definição de Arte.....	93
Tabela 6 – Contagem dos índices sobre a 1ª e 2ª definição de Tecnologia.....	94
Tabela 7 – Contagem dos índices sobre a 1ª e 2ª definição de Engenharia. ....	96
Tabela 8 – Variações dos índices nas definições. ....	97
Tabela 9 – Variação dos índices das explicações.....	102
Tabela 10 – Avaliação da coerência das explicações fornecidas pelos estudantes.....	104
Tabela 11 – Variação das pontuações na coerência discursiva. ....	106
Tabela 12 – Configurações encontradas nas explicações dos participantes das relações entre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia.....	112
Tabela 13 – Caracterização do conhecimento inicial dos participantes com base nas proposições elaboradas a partir dos eixos teóricos. ....	118
Tabela 14 – Comparativo sobre os possíveis mecanismos de cognição atuantes nas mudanças produzidas evidenciadas nas explicações dos participantes. ....	120



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1 O PROBLEMA DA APRENDIZAGEM CONCEITUAL NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: UM ENFOQUE COGNITIVO .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2 PERGUNTA DE PESQUISA .....</b>	<b>30</b>
<b>1.3 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>31</b>
<b>1.4 HIPÓTESE DE TRABALHO .....</b>	<b>31</b>
<b>1.5 ORIGINALIDADE.....</b>	<b>33</b>
<b>1.6 LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>2 QUADRO TEÓRICO .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1 O FENÔMENO DA APRENDIZAGEM SOB UMA PERSPECTIVA COGNITIVA-CONSTRUTIVISTA E DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA .</b>	<b>37</b>
<b>2.2 COMPREENSÃO SOBRE O TERMO MECANISMO .....</b>	<b>45</b>
<b>2.3 A APRENDIZAGEM CONCEITUAL VISTA SOB A PERSPECTIVA DA MUDANÇA CONCEITUAL.....</b>	<b>45</b>
2.1.1 A mudança conceitual como <i>Theory-Theory</i> .....	46
2.1.2 A mudança conceitual como <i>Knowledge in Pieces</i> .....	49
2.1.3 A mudança conceitual como <i>Framework-Theory</i> .....	50
2.1.4 A mudança conceitual como <i>Ontological View</i> .....	51
<b>2.4 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM PIAGET .....</b>	<b>52</b>
<b>2.5 MECANISMOS DE COGNIÇÃO VIABILIZADORES DA APRENDIZAGEM CONCEITUAL: CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>61</b>
<b>3.1 CONCEPÇÃO FILOSÓFICA .....</b>	<b>61</b>
<b>3.2 ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>3.3 MÉTODO .....</b>	<b>64</b>
3.3.1 Design do estudo de caso .....	64

3.3.1.1 <i>Unidade de análise, questões norteadoras e proposições teóricas sobre os mecanismos de cognição na aprendizagem conceitual</i> .....	64
3.3.1.2 <i>Planejamento do contexto da disciplina para a aprendizagem conceitual dos estudantes</i> .....	68
3.3.1.3 <i>O termo de consentimento livre e esclarecido</i> .....	78
3.3.2 Coleta de dados .....	78
3.3.2.1 <i>O protocolo de entrevistas</i> .....	78
3.3.2.2 <i>Seleção da amostra</i> .....	79
3.3.3 Análise dos dados .....	82
3.3.3.1 <i>Análise de Conteúdo</i> .....	82
3.3.3.2 <i>O instrumento para a avaliação do desempenho dos estudantes</i> .....	85
3.3.4 Interpretação .....	85
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>87</b>
4.1 TAREFAS.....	87
4.2 DEFINIÇÕES.....	90
4.3 EXPLICAÇÕES .....	98
<b>5 DISCUSSÕES</b> .....	<b>117</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>131</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>135</b>
<b>GLOSSÁRIO</b> .....	<b>147</b>
<b>ANEXO A – PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA DE INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DO CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL (UTFPR – AP)</b> .....	<b>153</b>
<b>ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</b> .....	<b>157</b>
<b>APÊNDICE A – ALINHAMENTO CONSTRUTIVO PARA O CONTEÚDO REFERENTE À UNIDADE I DA DISCIPLINA DE INTRODUÇÃO À ENGENHARIA ET61A</b> .....	<b>161</b>

<b>APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA UTILIZADO PARA A CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>165</b>
<b>APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....</b>	<b>169</b>
<b>APÊNDICE D – RECORTES DAS ENTREVISTAS (PRIMEIRA ETAPA DE COLETA DE DADOS).....</b>	<b>175</b>
<b>APÊNDICE E – RECORTES DAS ENTREVISTAS (SEGUNDA ETAPA DE COLETA DE DADOS).....</b>	<b>177</b>
<b>APÊNDICE F – MATRIZES CONTENDO OS ÍNDICES SOBRE A DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS DE CIÊNCIA, ARTE, TECNOLOGIA E ENGENHARIA .....</b>	<b>179</b>
<b>APÊNDICE G – MATRIZES CONTENDO OS ÍNDICES DAS ATIVIDADES REALIZADAS PARA OS CONCEITOS DE CIÊNCIA, ARTE, TECNOLOGIA E ENGENHARIA .....</b>	<b>181</b>
<b>APÊNDICE H – ÍNDICES SOBRE A EXPLICAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE OS CONCEITOS DE CIÊNCIA, ARTE, TECNOLOGIA E ENGENHARIA .....</b>	<b>183</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A proposta para fazer este trabalho surgiu, primeiramente, das inquietações e intuições sobre o processo de aprendizagem, oriundas da vivência deste autor no papel de professor universitário, que atua em cursos de engenharia há pouco menos de uma década. Devido a sua formação no campo da Engenharia (Produção Elétrica), o seu ingresso na carreira do Magistério Superior logo revelou dificuldades advindas da ausência de uma formação pedagógica. Com isso, surgiram algumas questões práticas, por exemplo, ‘como planejar a disciplina?’, ‘como preparar as atividades dentro e fora de sala?’, ‘como preparar as avaliações?’, ‘como organizar o conteúdo a ser trabalhado com a classe?’, que logo deram margem para questões mais complicadas, tais como ‘será que os estudantes realmente estão aprendendo?’, ‘o que o estudante aprende é o que o professor ensina, e vice-versa?’, ‘qual deve ser o balanceamento entre quantidade e qualidade do conteúdo a ser aprendido?’, ‘qual deve ser o balanceamento entre o conteúdo da disciplina com as supostas competências necessárias para o exercício profissional’ (tais como aquelas que constam na Resolução CNE/CES de 11 de março de 2002, para os cursos de graduação em Engenharia)?

Admite-se que muitas dessas questões se encontram sem respostas satisfatórias; elas acabaram conduzindo este autor para mais leituras, estudos e discussões que o fizeram dirigir sua atenção à natureza da aprendizagem no ser humano; ou seja, viu-se que a base para responder essas questões necessitaria da compreensão sobre ‘como as pessoas aprendem’ ou ‘quais são as leis cognitivas subjacentes ao processo de aprendizagem do indivíduo’. Foi assim que se conheceu, dentre outros paradigmas, o construtivismo.

Conforme são apresentadas na próxima seção, as informações científicas disponíveis sobre como as pessoas aprendem, embora valiosas, parecem muito mais orientadas às descrições tanto de características sobre o processo de aprendizagem, quanto dos sistemas conceituais explicitados no *status* de iniciantes e *experts* (ou iniciados). Constatou-se que há muito pouco a respeito dos mecanismos de cognição responsáveis por viabilizar as mudanças ou transposições de um estado de comportamento para outro durante esse processo de aprendizagem. Essa constatação logo encontrou respaldo no discurso de pesquisadores e praticantes tanto da Educação em Engenharia – tais como Redish e Smith (2008) e Streveler et al., (2008, 2014) – quanto da

área da mudança conceitual, na Psicologia Educacional – tais como Amin, Smith e Wiser (2014), diSessa e Sherin (1998) e diSessa (2014).

Ao pesquisar sobre esses mecanismos, sob a perspectiva construtivista, verificou-se que importantes eixos teóricos da área da mudança conceitual – *Theory-Theory*, *Framework-Theory*, *Ontological View* e *Knowledge in Pieces* – vêm (aproximadamente, nos últimos trinta anos) desenvolvendo as suas teorias e propondo possíveis mecanismos de cognição que intervêm no processo de aprendizagem conceitual. As pesquisas que se ocupam, mais especificamente, com a mudança conceitual na Engenharia são escassas e estão orientadas para um domínio técnico, sobre conceitos-chave tais como força, calor ou eletricidade (STREVELER et al., 2008; 2014). Além de pesquisar os mecanismos de cognição provenientes desses eixos teóricos, buscou-se também compreender melhor as próprias bases do construtivismo, por ser utilizado para endossar as chamadas metodologias ativas ou centradas no estudante (que vem sendo propostas para a Educação em Engenharia), aonde se chegou às obras de Jean Piaget, relacionadas à construção do conhecimento no indivíduo – tendo na criança e no adolescente a referência para as investigações dos mecanismos de cognição essenciais.

Devido à área de formação deste autor (Engenharia de Produção Elétrica), há o contato (e também uma preocupação) não só com um domínio técnico na aprendizagem conceitual, mas também com um domínio ‘humanista’, em que o engenheiro é visto não só como um tecnologista, mas um *expert* social que precisa gerir recursos e pessoas, além de integrar conhecimentos de outras áreas que ultrapassam o campo das exatas (ADAMS et al., 2011; LITZINGER et al., 2011). Esse contato permitiu perceber que as investigações sobre os **mecanismos de cognição** que viabilizam a aprendizagem conceitual nesse domínio são mais escassas (LUNDHOLM e DAVIES, 2013) que para um domínio técnico; e, praticamente, inexistentes na Educação em Engenharia para um objeto de estudo focado naqueles mecanismos. Parte da proposta de realizar este trabalho surgiu dessa constatação.

A outra parte da proposta surgiu devido às buscas em se aprofundar no construtivismo e verificar que as suas bases remontavam em muito à proposta da Epistemologia Genética de Piaget. No entanto, as críticas ao eixo teórico dos estádios de Piaget e o estigma do desenvolvimento infantil perante a comunidade científica pareceram suplantam os *insights* oferecidos pelo eixo teórico do construtivismo, também proposto por ele.

Na medida em que este autor ia compreendendo a proposta da Epistemologia Genética e lia os resultados de pesquisas indicando a viabilidade das metodologias que buscam centrar a aprendizagem no estudante de engenharia numa perspectiva construtivista (BENSON et al., 2010; DEGA, KRIEK E MOGESE, 2013; KRAUSE et al., 2010; KOBER, 2015), mas não explicam o porquê do seu êxito ou funcionamento, percebeu-se que essa lacuna na aprendizagem conceitual, na Educação em Engenharia para um domínio humanista poderia ser preenchida através da Teoria de Equilibração de Piaget. Além disso, verificou-se que no Brasil já havia trabalhos pioneiros utilizando o eixo teórico do construtivismo que fizeram suas investigações para além do desenvolvimento infantil, tanto na Educação Tecnológica quanto na Educação em Engenharia. Citam-se as seguintes investigações: sobre o grau de descentração de professores nas atividades de ensino (MARQUES, 2005), sobre a percepção de estudantes e professores de Engenharia Elétrica sobre o processo de ensino e aprendizagem em que estão inseridos (LODER, 2009); sobre os processos cognitivos de estudantes em nível técnico sobre fenômenos elétricos em circuitos (FREIESLEBEN, 2015); e, sobre a sofisticação progressiva do raciocínio do estudante ao aprender teorias físicas (FREZZA, 2015).

Essas constatações instigaram o autor desse trabalho a estabelecer o seu objeto de estudo sobre esses mecanismos de cognição atuantes no processo de aprendizagem do estudante de engenharia, cujas propostas partem de teorias cognitiva-construtivistas. ‘O que são esses mecanismos?’, ‘Quais são os seus princípios de funcionamento?’, ‘Quais são os seus padrões de funcionamento?’, ‘Quais são as modificações observáveis produzidas por esses mecanismos de cognição no raciocínio dos estudantes?’, são indagações que levaram à concatenação de uma questão norteadora mais geral: ***Quais são os mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia?***

Dessa forma, a partir de informações disponíveis na literatura de teorias cognitiva-construtivistas, defende-se a seguinte tese: os mecanismos de cognição teorizados por Piaget (em sua Teoria de Equilibração) aplicam-se à explicação do processo de aprendizagem conceitual do estudante de engenharia. Na próxima seção, discorre-se sobre o problema da aprendizagem conceitual na Educação em Engenharia sob um viés cognitivo.

## 1.1 O problema da aprendizagem conceitual na Educação em Engenharia: um enfoque cognitivo

Conceitos são unidades “elementares de raciocínio” (GALLESE e LAKOFF, 2005, p.455) ou de “representação mental” (CAREY, 2009, p.5) que utilizamos para explicar o mundo a nossa volta e que influenciam as nossas ações (STREVELER et al., 2008). A elaboração de conceitos-chave (tais como ‘força’, ‘eletricidade’, ‘calor’, ‘eficiência’, ‘qualidade’, ‘gestão’, ‘sustentabilidade’, ‘ciência’, ‘tecnologia’, ‘ética’ etc.), por parte do estudante de engenharia é fundamental para o exercício da profissão, pois a aprendizagem conceitual permite transpor a lacuna entre o *status* iniciante e o experiente, viabilizando a articulação de conhecimentos estruturados para o desenvolvimento de habilidades em situações novas (BRANSFORD, BROWN e COCKING, 2000; STREVELER et al., 2008; LITZINGER et al., 2011).

Na Engenharia, as habilidades orientadas ao ‘pensamento crítico’, mais especificamente, são características importantes a serem trabalhadas, porque consideram-se como um dos blocos de construção para as competências que o estudante de engenharia deverá desenvolver no intuito de responder às demandas profissionais (BARTH et al., 2007; CNE, 2002; RUGARCIA et al., 2000) – impostas pela sociedade – de forma efetiva. O pensamento crítico é um “processo metacognitivo constituído de subprocessos (por exemplo, análise, avaliação e inferência) que, quando utilizado de forma apropriada, aumenta as chances de se produzir uma solução lógica a um problema ou uma conclusão válida para um argumento” (DWYER, 2011, p.48). O seu uso implica numa ‘carga cognitiva intrínseca’ (VAN MARRIËNBOER e SWELLER, 2005; SWELLER, 1988), relacionado à incerteza e à complexidade inerentes de uma situação (o número de variáveis envolvidas; relações, interações e as regulações entre elas).

As situações que permeiam a profissão da Engenharia – que podem envolver desde a reciclagem de materiais, suporte a serviços comunitários, controles diários de processos produtivos ou garantia da qualidade de produtos/serviços, até a gestão de instalações industriais levando-se em conta as expectativas de diversos *stakeholders*<sup>1</sup>, projetos de produtos/serviços inovadores que considere todo o seu ciclo de vida ou o suporte à decisões governamentais em políticas para tecnologias

---

<sup>1</sup>Todas as partes interessadas que participam direta e/ou indiretamente de um empreendimento (projeto, organização empresarial etc.)



alternativas em resposta ao aquecimento global – pressupõem a capacidade de um raciocínio caracterizado como ‘de ordem superior’ (CNE, 2002; LITZINGER et al., 2011; RUGARCIA et al., 2000). Para incentivar tal tipo de raciocínio, os professores devem engajar seus estudantes numa abordagem de aprendizagem mais aprofundada (BIGGS e TANG, 2007), desenvolvendo, assim, um entendimento mais adequado sobre o sentido de princípios e conceitos-chave (ou ‘grandes ideias’) utilizados pela Engenharia para subsidiar a solução de problemas (KOBER, 2015; WATSON et al., 2016).

De acordo com Streveler et al. (2008; 2014), a pesquisa sobre a aprendizagem conceitual entre estudantes de engenharia é orientada ao domínio técnico e, por sua vez, escassa; envolve geralmente investigações sobre equívocos em conceitos-chave tais como força, calor ou eletricidade (em circuitos). Essa constatação estende-se ao domínio humanista (ADAMS et al., 2011; LUNDHOLM e DAVIES, 2013), que integra a perspectiva das artes liberais (LITZINGER et al., 2011), para equívocos na conexão entre a grande ideia da engenharia e conceitos tais como ‘ciência’, ‘arte’, ‘tecnologia’, ‘direito’, ‘gestão’, ‘desenvolvimento sustentável’, ‘ética’, ‘economia’, ‘marketing’ etc., que são essenciais para o pensamento crítico e para o entendimento de sistemas interdisciplinares complexos.

De acordo com Adams et al. (2011, p.66, tradução nossa), o domínio humanista “enxerga os engenheiros não apenas como tecnologistas, mas também *experts* sociais, gestores e pessoas de negócios que reconhecem a complexidade social do mundo e de mercados que atuam, além das equipes que integram”. Determinar as conexões entre os conceitos mencionados anteriormente é desafiador em termos da (alta) carga cognitiva intrínseca, uma vez que compreender esses conceitos requer um entendimento profundo das idiossincrasias evolutivas que caracterizam as práticas e as reflexões dos pesquisadores e praticantes pertencentes aos campos que os conceitos remetem.

Utilizando-se, por exemplo, a *Structure of Observed Learning Outcomes Taxonomy* – SOLO<sup>2</sup> – (BIGGS e TANG, 2007) para avaliar qualitativamente as situações de aprendizagem requeridas pela Engenharia, referentes às questões profissionais envolvidas – por prever as principais ações necessárias para se alcançar soluções efetivas, tais como ‘explicar’, ‘debater’, ‘relacionar’, ‘definir’, ‘avaliar’, ‘refletir’, ‘criar’, ‘analisar’, ‘comparar’ etc. – é razoável supor que elas são aproximadamente equivalentes em termos de carga cognitiva

---

<sup>2</sup> Para mais detalhes ver <http://learningandteaching.info/learning/solo.htm>

intrínseca. Nota-se, dessa forma, que o engajamento dos estudantes de engenharia nesses tipos de atividades é essencial para a formação profissional (ADAMS et al. 2011, CNE, 2002; KOBER, 2015).

Bransford, Brown e Cocking (2000), no relatório intitulado *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, argumentam sobre uma gama considerável de informações científicas disponíveis sobre o desenvolvimento de *expertise* para subsidiar ações de ensino. Nesse relatório, apresentam-se três importantes conclusões, posteriormente discutidas em maiores detalhes no mesmo relatório. São elas:

1. Estudantes vêm para a sala de aula com concepções prévias sobre como o mundo funciona. Se o seu entendimento inicial não for incentivado, eles podem deixar de compreender os novos conceitos e informações que são ensinados ou podem memoriza-los para fins de avaliação, mas retornando para suas concepções prévias fora da sala de aula [...].
2. Para desenvolver competência em uma área de investigação, os estudantes devem: (a) ter uma base profunda do conhecimento factual, (b) compreender fatos e idéias no contexto de um quadro conceitual, e (c) organizar o conhecimento de maneira que facilite a sua recuperação e aplicação [...].
3. Uma abordagem de instrução metacognitiva pode auxiliar os estudantes a tomar o controle de sua própria aprendizagem pela definição de objetivos de aprendizagem e o monitoramento de seu progresso para alcança-los [...] (BRANSFORD, BROWN e COCKING, 2000, p.14-18, tradução nossa).

As informações contidas nesse relatório mostram-se bastante influentes e atuais também para a Educação em Engenharia, visto que subsidiam um relatório recente denominado *Reaching Students: What Research Says About Effective Instruction in Undergraduate Science and Engineering* (KOBER, 2015). Nesse relatório apresentam-se várias situações de aprendizagem utilizadas com estudantes de engenharia (e áreas afins) no intuito de proporcionar maior aprofundamento para essa aprendizagem e os resultados obtidos; além disso, chama a atenção à necessidade de se incentivar mais investigações sobre o processo de

ensino e aprendizagem pelos docentes de engenharia em suas disciplinas.

Schneider e Stern (2010), em outro trabalho, apresentam 10 princípios sobre a natureza do processo de aprendizagem – subsidiados por resultados de pesquisas científicas – sob uma perspectiva cognitiva-construtivista. São eles:

1. É essencialmente realizada pelo aprendiz.
2. Deve levar em conta o conhecimento prévio.
3. Requer a integração de estruturas de conhecimento.
4. Equilibra a elaboração de conceitos, habilidades e competências metacognitivas.
5. Constrói estruturas de conhecimento complexas por organizar hierarquicamente fragmentos de conhecimentos mais simples.
6. Pode usar de forma valiosa estruturas do mundo externo para organizar estruturas de conhecimento na mente.
7. É condicionada por restrições de capacidade de processamento cognitivo de informações.
8. Resulta de uma interação dinâmica entre emoção, motivação e cognição.
9. Deve desenvolver estruturas de conhecimento transferíveis (generalizações).
10. Requer tempo e dedicação.

Além desses trabalhos, cita-se também o de Amin, Smith e Wiser (2014), no *Handbook of Research on Science Education, Vol.II*, que traz um panorama sobre a pesquisa em mudança conceitual – campo que busca aprofundar o entendimento sobre os processos biopsicossociais que possam explicar a aprendizagem conceitual. Nesse trabalho, as autoras declaram as seguintes diretrizes que tendem a orientar grande parte das investigações nesse campo:

Primeiramente, os conceitos se baseiam em vários esquemas (abstrações da experiência sensório-motora) e imagens (reconstituições de experiência perceptiva). Segundo, o uso da linguagem e outros sistemas simbólicos externos superam as limitações das representações esquemáticas e imagens. Terceiro, conceitos expressos de forma proposicional podem ser entendidos como

símbolos de linguagem, que participam em redes de crenças [...]. Quarto, o conhecimento conceitual em crianças e leigos é escasso. Mas porque este conhecimento escasso está associado à crenças epistemológicas de que existe um conhecimento mais específico, cuja a fonte muitas vezes está em outras pessoas, [o conhecimento conceitual] suporta a aprendizagem futura (AMIN, SMITH e WISER, 2014, p.62, tradução nossa).

Embora exista uma considerável gama de informações científicas disponíveis, um exame detalhado destes documentos revela que essas informações parecem muito mais orientadas às descrições tanto de características sobre o processo de aprendizagem, quanto dos sistemas conceituais explicitados no *status* de iniciantes e *experts*; há pouco a respeito dos mecanismos de cognição responsáveis por viabilizar as mudanças ou transposições de um estado de comportamento para outro durante esse processo de aprendizagem. No campo da mudança conceitual, essa percepção já fora levantada por diSessa e Sherin (1998) e ainda persiste de acordo com diSessa (2014).

Na Educação em Engenharia, esse posicionamento é sustentado por Redish e Smith (2008), que buscaram delinear alguns componentes de cognição (tais como ativação, associação, compilação e controle) na reivindicação da adoção de uma estrutura teórica que explicasse o funcionamento do pensamento nos estudantes de engenharia durante o processo de aprendizagem, a fim de ser utilizada nas práticas de ensino pelos professores. Além deles, Streveler et al. (2008, p.290–291) considera a importância de se compreender esses mecanismos de cognição, ao levantar questões do tipo “como o conhecimento conceitual evolui ao passo que o desempenho do aprendiz modifica-se de um *status* de iniciante em direção ao um *status* de *expert*?” e “o que faz com que alguns conceitos sejam tão difíceis de se aprender e alguns equívocos tão difíceis de se corrigir?”.

Disponibilizar informações sobre esses mecanismos de cognição é essencial para esclarecer esse tipo de questão e auxiliar professores na compreensão do que está acontecendo (cognitivamente) nos estudantes enquanto ocorre o processo de aprendizagem – dando suporte também para intervenções mais efetivas, especialmente no caso de metodologias ativas ou centradas no estudante (KOBEL, 2015; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2012; PRINCE, 2004; YADAV et al., 2014).

A apresentação até o momento procura deixar claro que o problema da aprendizagem conceitual está sendo abordado dentro de um paradigma (KUHN, 1970/2013) construtivista (CAREY e SMITH, 1993; CRESWELL, 2010; DRIVER et al., 1994; VILCHES e GIL-PÉREZ, 2012; VOSNIADOU, 2013); ou seja, a elaboração de conhecimento no indivíduo é entendida como uma característica nem totalmente inata (inatista), nem como uma transmissão totalmente através da influência exercida pelo meio (empirista); mas sim, como uma construção inerente do indivíduo através das interações situacionais que estabelece com o ambiente que o cerca. Desse modo, convergente a esse paradigma, a Tabela 1 apresenta um conjunto de trabalhos-referência no estudo científico relacionado ao fenômeno da aprendizagem conceitual no indivíduo, que também buscaram esclarecer de forma direta ou indireta os mecanismos de cognição responsáveis por viabilizar esse tipo de aprendizagem.

Tabela 1 – Estudos relacionados aos mecanismos de cognição responsáveis pela viabilização da aprendizagem conceitual no indivíduo.

<b>Autores</b>	<b>Enfoque</b>
Carey (1992; 2004; 2009; 2011), Carey e Smith (1993)	Mudança Conceitual como <i>Theory-Theory</i>
Chi (2005; 2013), Chi, Slotta e de Leeuw (1994), Chi e Roscoe (2002), Chi et al. (2012)	Mudança Conceitual como <i>Ontological View</i>
diSessa (1988; 2014; 2015), diSessa e Sherin (1998), Levirini e diSessa (2008).	Mudança Conceitual como <i>Knowledge in Pieces</i> / coordenação de classes
Piaget (1966/2008; 1967/1996; 1975/1976; 1977/1995)	Equilibração das estruturas cognitivas/ processo de reflexionamento
Posner et al. (1982)	Mudança Conceitual como conflito cognitivo (abordagem clássica)
Stathopoulou e Vosniadou (2007), Vosniadou (1994; 2012; 2013), Vosniadou e Brewer (1985; 1992)	Mudança conceitual como <i>Framework-Theory</i>

Os estudos apresentados na Tabela 1 trazem enfoques diferenciados sobre os mecanismos de cognição atuantes na aprendizagem conceitual que foram investigados considerando-se desde a criança na mais tenra idade ao cientista adulto experiente. Enquanto que o enfoque (ou eixo teórico) da *Theory-Theory* propõe os mecanismos da incomensurabilidade e do *bootstrapping*, o *Ontological*

*View* propõe o mecanismo da ontologia; o *Knowledge in Pieces* propõe o mecanismo dos *P-prims*; o *Framework-Theory* propõe o mecanismo dos modelos sintéticos; e, o *Equilíbrio* propõe o mecanismo da tomada de consciência e compreensão.

## 1.2 Pergunta de Pesquisa

Diante das exposições realizadas, sob a perspectiva de teorias cognitivas construtivistas, a pergunta central de pesquisa que guia a investigação é a seguinte: ***Quais são os mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia?*** Esse questionamento leva em conta o seguinte delineamento para a aprendizagem: (i) orientada para o domínio humanista; e, (ii) aplicada às habilidades de pensamento crítico para uma situação específica que pressupõe alta carga cognitiva intrínseca (simulando-se questões profissionais complexas).

Afim de se realizar um desdobramento da questão central, de forma a proporcionar um melhor suporte investigativo, formulam-se sete questões auxiliares, organizadas em três blocos: (1) um bloco teórico sobre os mecanismos de cognição e seu padrão de funcionamento; (2) um bloco sobre o contexto e o conteúdo da aprendizagem conceitual; e, (3) um bloco empírico sobre o progresso obtido pelos estudantes durante a aprendizagem conceitual.

As questões auxiliares referentes ao bloco teórico sobre os mecanismos de cognição e seu padrão de funcionamento são as seguintes:

- Quais são as características dos mecanismos de cognição propostos pelos principais eixos teóricos no paradigma construtivista que atuam durante o processo de aprendizagem conceitual no indivíduo?
- Qual é o padrão de funcionamento esperado dos mecanismos de cognição propostos pelos principais eixos teóricos no paradigma construtivista que atuam durante o processo de aprendizagem conceitual no indivíduo?

As questões auxiliares referentes ao bloco teórico sobre o contexto e o conteúdo da aprendizagem conceitual são as seguintes:

- Quais são as características do conteúdo de aprendizagem conceitual utilizado para abordar o domínio humanista para o estudante de engenharia?
- Qual é a configuração utilizada para o desenvolvimento da atividade de aprendizagem conceitual a fim de aplicar as habilidades de pensamento crítico na simulação de uma situação específica, pressupondo uma alta carga cognitiva intrínseca?

As questões auxiliares referentes ao bloco empírico sobre o progresso obtido pelos estudantes durante a aprendizagem conceitual são as seguintes

- Qual é o desempenho do estudante durante o seu processo de aprendizagem conceitual?
- Quais são as ações realizadas pelo estudante durante o seu processo de aprendizagem conceitual?
- Quais são as mudanças (quantitativas e qualitativas) percebidas nos conceitos explicitados pelo estudante durante o seu processo de aprendizagem conceitual?

### 1.3 Objetivo Geral

No intuito de responder à questão central de pesquisa, tem-se o seguinte objetivo geral: ***Verificar quais são os mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia.***

### 1.4 Hipótese de Trabalho

Conforme apresentar-se-á, na sessão dedicada à discussão do Quadro Teórico sobre o problema da aprendizagem conceitual, a Teoria de Equilibração (DAWSON-TUNIK, FISHER e STEIN, 2004; FELDMAN, 2004; FISCHER, 1980; INHELDER e PIAGET, 1970/1976; PIAGET, 1975/1976; 1977/1995) juntamente com o processo de Reflexionamento (PIAGET, 1977/1995; SIMON et al., 2004) proposto por Jean Piaget – por oferecer *insights* sobre a construção do conhecimento que se inicia na infância e se estende para a

vida adulta – pode prover elucidações quanto aos mecanismos de cognição no sujeito estudante na Educação em Engenharia. Além disso, a Teoria de Equilibração pertence a um dos principais eixos teóricos de Piaget, denominado ‘construtivismo’, que até então resiste ao teste do tempo perante a comunidade científica (CAREY, ZAITCHIK e BASCANDZIEV, 2015).

A maior ambição de Piaget foi a de formular uma teoria geral sobre como o conhecimento evolui nos seres humanos – uma teoria sobre o sujeito epistemológico (BIDELL e FISCHER, 1994; FURTH 1969/1974; PIAGET 1968/2003; 1970/1990; 1972/1991). Devido à concentração de esforços no programa de pesquisas voltadas à infância, no intuito de compreender os mecanismos de cognição essenciais do processo de construção do conhecimento do recém-nascido ao adolescente, as principais contribuições de seu extenso trabalho ainda permanecem estritamente associadas ao desenvolvimento da criança para grande parte da academia (BIDELL e FISCHER, 1994; DAWSON-TUNIK, FISHER e STEIN, 2004; FELDMAN, 2004).

Essa visão é notável, por exemplo, nas críticas ao seu trabalho geralmente relacionado ao eixo teórico dos estádios de desenvolvimento cognitivo – abrangendo desde questões metodológicas (tais como tamanho de amostras e características psicossociais dos participantes; a estratégia de investigação naturalista adotada; os tipos de tarefas propostas aos participantes etc.) até questões sobre a variabilidade cognitiva encontrada nos indivíduos que dificulta ou mesmo viola predições sobre o seu funcionamento geral para considerá-lo num determinado estágio – embora a sucessão desses estádios não tenha sido refutada (AMIN, SMITH e WISER; 2014; CAREY, ZAITCHIK e BASCANDZIEV, 2015; FLAVELL, 1965/1996).

Por outro lado, o construtivismo tem sido corroborado por pesquisas até o momento (AMIN, SMITH e WISER; 2014; BRANSFORD, BROWN e COCKING, 2000; CAREY, ZAITCHIK e BASCANDZIEV, 2015; EICHLER, 2013; FREIESLEBEN, 2015; FREZZA, 2015; LODER, 2009; MARQUES, 2005; MINTZES e CHIU, 2004; VOSNIADOU, 2013). Além disso, tem sido usado para o delineamento de metodologias ativas para situações de aprendizagem, que são aplicadas na Educação em Engenharia (BENSON et al., 2010; DEGA, KRIEK E MOGESE, 2013; KRAUSE et al., 2010; KOBER, 2015).

Se os mecanismos de cognição que Piaget teorizou forneceram os subsídios ao construtivismo – que por sua vez, subsidia a adoção de metodologias ativas para planejar situações de aprendizagem na



Educação em Engenharia –, é razão justificável considerá-los também no intuito de se entender melhor sobre a construção do conhecimento no estudante.

Desta forma, diante da perspectiva de teorias cognitivas construtivistas, a hipótese de trabalho que se estabelece é a seguinte: *os mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia são aqueles propostos pela Teoria de Equilibração de Piaget.*

## 1.5 Originalidade

De acordo com Eco (2007), um trabalho é original quando diz algo de novo que os estudiosos do ramo não deveriam ignorar. Nesse caso, o presente trabalho reivindica seu *status* de original ao fato de utilizar a Teoria de Equilibração de Jean Piaget como suporte explicativo para os mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem de jovens adultos em situação particular: a aprendizagem conceitual no campo das engenharias, no âmbito de uma formação escolarizada, tomando-se por base de investigação a construção de conceitos ligados à área das humanidades. Além disso, o trabalho é original ao utilizar estratégias pedagógicas durante a sua investigação, no intuito de verificar e avaliar os resultados obtidos durante essa investigação, potencializando impactos positivos na aprendizagem dos estudantes.

## 1.6 Limitações e Delimitações

Em decorrência das concepções filosóficas, estratégia de investigação e abordagem adotada para este estudo, informam-se 4 conjuntos de limitações, a seguir.

**Aprendizagem conceitual vista sob a perspectiva construtivista da mudança conceitual.** Adotar o paradigma construtivista (ou qualquer outro que seja) significa carregar o conjunto de crenças e compromissos partilhados pela comunidade de pesquisadores e cientistas que dele fazem parte (CRESWELL, 2010; 2014). Ao posicionar-se sob esse paradigma, entende-se que haverá um viés no produto da pesquisa e o desvelamento da realidade será parcial.

**Estudo de caso como estratégia de investigação.** O estudo de caso foi escolhido como estratégia de investigação por permitir maior

riqueza e profundidade sobre os dados durante a investigação. No entanto, os resultados obtidos neste estudo não se aplicam para ‘generalizações estatísticas’, mas sim, para ‘generalizações analíticas’ (YIN, 2015).

**Abordagem qualitativa para o método de pesquisa.** A escolha da abordagem qualitativa é produto, sobretudo, do paradigma adotado (CRESWELL, 2010; PACHECO JÚNIOR, PEREIRA e PEREIRA FILHO, 2007). O fenômeno da aprendizagem conceitual é complexo e há dificuldades operacionais devido à imprecisão de se enquadrar as variáveis que compõem os mecanismos de cognição para abordá-los quantitativamente. Além disso, a abordagem qualitativa apresenta considerável gama de técnicas para a coleta e análise dos dados, e cada uma proporcionará um enfoque diferenciado para a análise e no apoio à interpretação dos resultados. Neste estudo arbitrou-se trabalhar conjuntamente a Análise Categorical e Análise de Enunciação, a partir da referência de Bardin (1977/2011). A utilização de outras formas de análises pode proporcionar diferentes *insights* sobre os fatos observados, corroborando ou divergindo em certo grau para as suas conclusões.

**Constituição da amostra.** Arbitrou-se por uma amostra constituída de estudantes ingressantes no Curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Campus Apucarana, devido a questões de tempo, recursos humanos e infraestrutura para a condução da investigação. Mais especificamente, quando surgiu a proposta de se investigar a aprendizagem conceitual, considerando-se uma abordagem qualitativa, para que a coleta dos dados fosse viabilizada, seria necessário ter um contexto de ensino-aprendizagem que buscasse dar suporte ao paradigma construtivista; ou seja, ter um professor que adotasse esse paradigma para a aprendizagem conceitual tanto em seu planejamento quanto na sua didática, e que trabalhasse com os estudantes durante um período de tempo considerável (cerca de seis semanas). A disciplina de Introdução à Engenharia, apesar de abordar tópicos de ementa que são comuns em outros *Campi* da instituição (e, também, em diferentes instituições de ensino superior), permite flexibilidade no seu tratamento; cada professor tem autonomia para abordar e avaliar o conteúdo com os estudantes. Outro fator preponderante é que o paradigma construtivista, embora seja o mais discutido, ainda é pouco praticado na Engenharia (BAZZO, 2011; BAZZO, PEREIRA e LINSINGEN, 2008; DANTAS, 2014; VILCHES e GIL-PÉREZ, 2012). Capacitar professores que ministrem a disciplina de Introdução à Engenharia tanto no mesmo *Campus* quanto em outros *Campi* requer o envolvimento tanto da direção de graduação quanto das coordenações de cursos; o que na

época pareceu ser algo inviável para o tempo disponível na condução da pesquisa e além do alcance deste pesquisador, que necessitaria do auxílio de uma equipe pedagógica para a elaboração de oficinas e acompanhamentos com esses professores. Assim, como o pesquisador já vinha estudando o construtivismo e fazendo modificações na disciplina de Introdução à Engenharia que ministrava, há cerca de um ano – por iniciativa própria –, essa foi a razão principal que determinou a amostragem.

Além das limitações mencionadas sobre o estudo, informam-se 3 conjuntos de delimitações, a seguir.

#### **Aprendizagem conceitual orientada ao domínio humanista.**

Diferentemente do enfoque geralmente dado ao domínio técnico (STREVELER et al., 2008) para a aprendizagem conceitual na Educação Engenharia, este estudo tem enfoque sobre a orientação humanista (ADAMS et al., 2011; LUNDHOLM e DAVIES, 2013) e, consequentemente, interdisciplinar (POMBO, 2008), ao proporcionar um contato do estudante de Engenharia com opiniões de diferentes áreas (Ciência, Tecnologia e Arte).

**Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia, vistos como conceitos.** Esse posicionamento tem como base a literatura da Psicologia Educacional (AMIN, SMITH e WISER, 2014; CAREY, 2009; CHI, 2010; POSNER et al., 1982; VONSIADOU, 2013) que entende conceitos como unidades elementares de raciocínio ou de representação mental que o indivíduo dispõe para dar sentido aos objetos de conhecimento a sua volta. Embora se possa argumentar que, o que aqui se considera como ‘conceitos’ seria na verdade ‘corpos de conhecimento’ ou ‘campos de prática’, entende-se que qualquer tentativa de se fazer sentido deles, necessita passar por uma conceitualização no indivíduo.

**Mecanismos de cognição.** O enfoque principal que se dá aos mecanismos de cognição centra-se no plano psicológico do indivíduo (CAREY, 2009; DISESSA, 1988; PIAGET, 1968/2003, 1975/1976). Mecanismos biológicos (tais como aqueles encontrados na visão, audição, tato etc.), bem como mecanismos sociais (tais como aqueles encontrados na interação com pares, artefatos culturais etc.), têm papel secundário no estudo (embora se reconheça a importância e influência de suas participações sobre a cognição).



## 2 QUADRO TEÓRICO

As apresentações realizadas nessa seção sobre os possíveis mecanismos de cognição que viabilizam a aprendizagem conceitual no indivíduo têm como base os trabalhos dos principais eixos teóricos do campo da mudança conceitual (*Theory-Theory*, *Knowledge-in-Pieces*, *Framework-Theory* e *Ontological View*) e o construtivismo de Jean Piaget (expresso pelo eixo da equilibração). Antes de se proceder com as apresentações desses mecanismos de cognição, importa explicitar a referência que se adota sobre a aprendizagem e sobre os mecanismos de cognição.

### 2.1 O fenômeno da aprendizagem sob uma perspectiva cognitiva-construtivista e da Epistemologia Genética

Campos (1987) explica que o conceito de aprendizagem diverge entre os estudiosos de acordo com as correntes teóricas e históricas que se propuseram à investigação desse fenômeno. Goel (2011), Lefrançois (2012) e Sacristán e Gómez (1998), por exemplo, apresentam um conjunto de informações que proporciona uma visão abrangente sobre os eixos teóricos que tratam sobre a aprendizagem (embora não sejam exaustivos).

Na tentativa de se estabelecer uma referência geral para a compreensão do fenômeno da aprendizagem na orientação de investigações científicas, Campos (1987) apresenta a seguinte definição:

[...] Aprendizagem é *uma modificação sistemática do comportamento ou da conduta, pelo exercício ou repetição, em função de condições ambientais e condições orgânicas* (CAMPOS, 1987, p.31, grifos nossos).

A respeito da definição apresentada por Campos (1987), cabem alguns esclarecimentos feitos pela própria autora sobre os seguintes termos e expressões: ‘comportamento’; ‘exercício ou repetição’; ‘mudança de comportamento’; e, ‘condições orgânicas’. Assim, sobre o termo ‘comportamento’, ter-se-á o seguinte:

[...] <<Comportamento>>, aqui, não é tomado apenas no sentido de reações explícitas ou de ação direta sobre o ambiente físico, como manipular,

locomover-se, juntar coisas, separá-las, construir; mas, também, no de reações simbólicas, que tanto interessam à compreensão da vida social, observadas em gestos, na fala, na linguagem gráfica, como, ainda, no de comportamentos implícitos, que as reações vêm a permitir, como perceber, compreender, imaginar e pensar de modo coerente (CAMPOS, 1987, p.30, grifos da autora).

O termo ‘exercício ou repetição’, na verdade tem o seu significado melhor captado pelo termo ‘prática’, sobre o qual a autora esclarece da seguinte forma:

[...] o termo <<prática>> não significa a exata repetição de uma reação qualquer, mesmo porque repetições dessa espécie jamais ocorrem no transcurso da aprendizagem: prática significa reiteração dos esforços de quem aprende, no sentido de progressiva adaptação ou ajustamento a uma nova situação que se ofereça (CAMPOS, 1987, p.30, grifos da autora).

Ao termo ‘mudança de comportamento’, o qual remete ao produto da aprendizagem, Campos (1987) explica que não se refere a um tipo qualquer, mas sim, a um tipo específico de mudança. Este tipo específico de mudança, por sua vez, será caracterizado como aprendizagem na condição em que ao termo ‘condições orgânicas’ excluam-se os fatores explicativos por tendências inatas de respostas, maturação ou estados temporários do organismo (tal como fadiga, drogas etc.).

Corroborando com Campos (1987), Lefrançois (2012, p.6) apresenta a seguinte definição para aprendizagem: “Aprendizagem é definida como toda mudança relativamente permanente no potencial de comportamento, que resulta da experiência, mas não é causada por cansaço, maturação, drogas, lesões ou doença”. Desta definição, importa esclarecer o termo ‘experiência’ e as expressões ‘mudança no comportamento’ e ‘mudança no potencial de comportamento’. Quanto ao primeiro, Lefrançois (2012, p.6) entende por ‘experiência’ como “contato com algo, participação em algo, exposição a eventos internos ou externos aos que o organismo é sensível”. Quanto ao segundo, Lefrançois (2012, p.6) entende por ‘mudança no comportamento’ como “mudanças observáveis ou potencialmente observáveis após a

experiência e que oferecem evidências de que a aprendizagem ocorreu”. Finalmente, quanto ao terceiro, Lefrançois (2012, p.6) entende por ‘mudança no potencial de comportamento’ o seguinte:

A aprendizagem implica mudanças na capacidade – ou seja, na potencialidade para fazer algo – e também na disposição – na inclinação para o desempenho. A evidência de que a aprendizagem aconteceu pode depender também da oportunidade para agir; daí a necessidade de definir a aprendizagem como uma mudança no potencial para o comportamento, em vez de simplesmente uma mudança no comportamento (LEFRANÇOIS, 2012, p.06).

Campos (1987), além de fornecer uma definição mais geral para o fenômeno da aprendizagem, apresenta a seguinte perspectiva biológica para justificar a sua finalidade:

Toda aprendizagem resulta da procura do restabelecimento de um equilíbrio vital, rompido pela nova situação estimuladora, para a qual ao sujeito não disponha de resposta adequada (esse equilíbrio foi considerado por Cannon, sendo denominado equilíbrio homeostático). A quebra deste equilíbrio determina, no indivíduo, um sentimento de desajustamento, ao enfrentar uma situação nova, e o único meio de ajustar-se é agir ou reagir até que a resposta conveniente à nova situação venha fazer parte integrante de seu equipamento de comportamento adquirido, o que constitui o que se chama aprendizagem (CAMPOS, 1987, p.33).

A partir deste trecho fica explícito que o fenômeno da aprendizagem é um processo (apesar da possibilidade de observações por meio de eventos discretos). Campos (1987), a partir de contribuições das diversas teorias da aprendizagem, apresenta seis características básicas do processo de aprendizagem, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Seis características básicas do processo de aprendizagem.

<b>Característica</b>	<b>Descrição</b>
<b>Dinâmico</b>	A aprendizagem não é um processo de absorção passiva, pois sua característica mais importante é a atividade daquele que aprende. É evidente que não se trata apenas de atividade externa física, mas, também, de atividade interna, mental e emocional, porque a aprendizagem é um processo que envolve a participação total e global do indivíduo, em seus aspectos físicos, intelectuais, emocional e social.
<b>Contínuo</b>	Desde o início da vida, a aprendizagem acha-se presente. Ao sugar o seio materno, a criança enfrenta o primeiro problema de aprendizagem: terá que coordenar movimentos de sucção, deglutição e respiração. As horas de sono, as de alimentação, os diferentes aspectos de criação impõem, já no infante, numerosas e complexas situações de aprendizagem. Na idade escolar, na adolescência, na idade adulta e até em idade mais avançada, a aprendizagem sempre estará presente.
<b>Global ou Compósito</b>	Qualquer comportamento humano é global ou compósito; inclui sempre aspectos motores, emocionais e ideativos ou mentais, como produtos da aprendizagem. Portanto, a aprendizagem, envolvendo uma mudança de comportamento, terá que exigir a participação total e global do indivíduo, para que todos os aspectos constitutivos de sua personalidade entrem em atividade no ato de aprender, a fim de que seja restabelecido o equilíbrio vital, rompido pelo aparecimento de uma situação problemática.
<b>Pessoal</b>	Ninguém pode aprender por outrem, pois a aprendizagem é intransferível, de um indivíduo para outro. As concepções antigas supunham que o professor, apresentando o conteúdo a ser aprendido, realizando os movimentos necessários, levava, obrigatoriamente, o aluno à aprendizagem. Atualmente, a compreensão do caráter pessoal da aprendizagem levou o ensino a concentrar-se na pessoa do aprendiz, tornando-se paidocêntrica (aluno no centro) a orientação da escola moderna.
<b>Gradativo</b>	A aprendizagem é um processo que se realiza através de operações crescentemente complexas, porque, em cada nova situação, envolve maior número de elementos. Cada nova aprendizagem acresce novos elementos à experiência anterior, sem idas e vindas, mas numa série gradativa e ascendente.

Continua...



Continuação...

Característica	Descrição
<b>Cumulativo</b>	Com um sentido de progressiva adaptação e ajustamento social, analisando o ato de aprender, verifica-se que além da maturação, a aprendizagem resulta de atividade anterior, ou seja, da experiência individual. Ninguém aprende senão por si e em si mesmo, pela automodificação. Desta maneira, a aprendizagem constitui um processo cumulativo, em que a experiência atual aproveita-se das experiências anteriores.

Fonte: Adaptado de Campos (1987, p.34-36).

Explicitado o ponto de partida para a compreensão da aprendizagem sob uma perspectiva cognitiva-construtivista, importa esclarecer também qual a compreensão sob a perspectiva das conclusões obtidas pela Epistemologia Genética.

Às definições sobre aprendizagem apresentadas anteriormente, bem como os argumentos que revelam a sua finalidade e características básicas, percebe-se um alinhamento geral com o que a Epistemologia Genética tem a dizer sobre o assunto.

[...] a aprendizagem não nos parece ser agora um processo durante o qual a atividade do indivíduo se limita a receber ou a reagir automaticamente ao que é recebido; pelo contrário: a aprendizagem parece ser uma construção completa, na qual o que é recebido do objeto e o que é contribuição do sujeito estão indivisivelmente unidos. Mas ainda não ficou dito tudo, quando se considera que a função própria da aprendizagem é conduzir a um conhecimento do objeto. As contribuições ativas do indivíduo são, a princípio, obstáculo à aprendizagem e ao conhecimento objetivo. É somente mais tarde que elas se tornam, na verdade, uma condição necessária da objetividade (FURTH, 1974/1969, p.271).

Importa sempre recordar da pertinência das questões filosóficas com as quais Piaget lida (com certa insistência e com razão), por mais sutis que possam parecer e aparentemente irrelevantes aos homens que dizem se ocupar estritamente com o conhecimento científico (digam-se os centros acadêmicos). Pinker (2004), por exemplo, já mostrou como as visões de mundo provenientes destas ditas questões filosóficas, como por exemplo a ‘tábula rasa’, ‘o bom selvagem’ e o ‘fantasma da

máquina’ encontram-se enraizadas nos recônditos das mentes contemporâneas, devotadas ao conhecimento científico. Sendo assim, a título de complemento às apresentações precedentes, cabe esclarecer alguns aspectos sobre as relações da aprendizagem com a inteligência e o desenvolvimento.

Furth (1974/1969) explica que Piaget, de acordo com a sua teoria da Equilibração, distingue a aprendizagem em dois sentidos: o *lato* e o *stricto*. Sob o ponto de vista *stricto*, a compreensão de Piaget sobre a aprendizagem é convergente às definições apresentadas por Campos (1987) e Lefrançois (2012).

Piaget restringe explicitamente a noção de aprendizagem à de uma [elaboração] de conhecimento novo, que decorre primariamente do contato com o meio físico ou social. Ele a opõe, por um lado, à maturação, que é baseada em processos fisiológicos; por outro lado, e mais importante do que isso, ele a diferencia da aquisição de conhecimento geral ou inteligência, que define como a soma total de coordenações em lento desenvolvimento, disponíveis para o organismo em determinado estágio. Este conhecimento geral [...] não é apenas dado, para ser tirado de uma árvore ou de um livro; é ativamente construído pela pessoa que, ao construir este conhecimento, vive o processo de seu desenvolvimento (FURTH, 1974/1969, p.251).

A aprendizagem no sentido *lato*, por sua vez, equipara-se ao desenvolvimento.

[...] A assimilação é a origem da coerência gradativa dos esquemas e de sua organização em formas equilibradas, nas quais já se consegue discernir um esboço de classes lógicas, com inclusões, interseções e grupamentos, dentro de uma totalidade. As interrelações entre assimilação e acomodação implicam, portanto, dois fatores: a aprendizagem no sentido estrito e a equilibração. A estes dois fatores subjacentes ao processo funcional em sua totalidade, podemos chamar de aprendizagem no sentido amplo, e são

praticamente o mesmo que desenvolvimento (FURTH, 1974/1969, p.267).

Atendo-se à noção estrita da aprendizagem (que importa diretamente para o presente trabalho), os trechos precedentes indicam que os produtos cognitivos da aprendizagem (bem como os afetivos) estão condicionados às características mais gerais do estágio em que a inteligência se encontra. Em outras palavras, por exemplo, apesar de tanto uma criança de três anos quanto um jovem de vinte anos poderem aprender que  $\int x \, dx = \frac{x^2}{2} + c$ , certamente apresentarão graus de compreensão muito discrepantes quando indagados a prestarem maiores esclarecimentos sobre o significado dessa expressão, mesmo que submetidos às mesmas condições ambientais de ensino e dispondo dos mesmos recursos externos (livros, *internet* etc.).

[...] todo tipo de aprendizagem no sentido estrito implica o funcionamento dos esquemas assimiladores, e [...] a rede de esquemas em desenvolvimento não tem nenhum início absoluto. Por conseguinte, não existe nenhum esquema determinado em que começam as estruturas lógicas. Para cada esquema de uma forma lógica, existe um esquema anterior que contém esta forma de maneira pré-lógica atenuada, e assim por diante, *ad infinitum*. Se a [elaboração] de conhecimento novo é a lei do desenvolvimento, e, se toda aprendizagem no sentido estrito é condicionada por estruturação lógica ou pré-lógica, os mecanismos básicos da aprendizagem não diferem do processo de equilibração da inteligência em desenvolvimento como um todo. [...] a aprendizagem no sentido estrito nunca é simplesmente uma cópia ou associação mecânica, causada por fatores externos. A contribuição estruturadora do organismo assimilador entra como componente necessário em toda situação de aprendizagem, e explica porque nenhum resultado de aprendizagem pode ser meramente uma função de fatores externos ao próprio processo de aprendizagem (FURTH, 1974/1969, p.264-265, grifos do autor).

Para Piaget, “toda aprendizagem pressupõe uma lógica, e como esta lógica decorre de um processo de equilibração é, portanto, uma disposição necessária da aprendizagem” (FURTH, 1974/1969, p.269). Assim, pode-se conceber que um esquema novo

[...] é o produto da aprendizagem no sentido estrito, na medida em que esta diferenciação envolve uma acomodação que depende da experiência. Mas, a fim de que ocorra esta aprendizagem, é preciso que existam esquemas prévios, que podem ser diferenciados durante a assimilação de novos objetos. Além disto, a estrutura destes esquemas e a da assimilação, consideradas rigorosamente como pré-requisito da estrutura, são condições, e não produtos da aprendizagem. Em resumo: a aprendizagem relaciona-se ao conteúdo do esquematismo, enquanto o caráter generalizável de sua forma não resulta de aprendizagem, mas é condição necessária para o funcionamento dos esquemas (FURTH, 1974/1969, p.267).

Ou seja, de acordo com a Epistemologia Genética, a aprendizagem no sentido *stricto* seria explicada parcialmente pela teoria da Equilibração e suas invariantes de adaptação e organização que proveem as estruturas internas de cognição, com as quais torna-se possível operar sobre os conteúdos de conhecimento (diga-se aprender, enquanto atividade empreendida pelo sujeito). Em decorrência da aprendizagem, fechando-se o ciclo assimilação-acomodação, os conteúdos de conhecimentos aprendidos poderão ser incorporados às estruturas prévias em prol de seu aperfeiçoamento.

[...] Aquilo que é aprendido no sentido estrito é a totalidade de diferenciações devidas à acomodação como origem dos esquemas novos, diante da crescente diversidade dos conteúdos. No entanto, aquilo que não é aprendido no sentido estrito é a atividade assimilativa, com sua consequente equilibração entre assimilação e a acomodação (FURTH, 1974/1969, p.267).

## **2.2 Compreensão sobre o termo mecanismo**

Como a investigação da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia tem o seu objeto de estudo centrado nos mecanismos de cognição, importar esclarecer a compreensão que se adota sobre o termo ‘mecanismos’ utilizado. Por mecanismos, adota-se a referência de Machamer, Darden e Craver (2000, p.3), que os caracterizam como “entidades ou atividades organizadas de tal forma a produzir mudanças regulares desde o início ou de uma configuração inicial até o término ou condições finais” para um determinado fenômeno ou processo significativo. Essa referência é corroborada por Thagard (2012, p.45) que compreende mecanismo como um “sistema de objetos cujas interações regularmente produzem mudanças”.

## **2.3 A Aprendizagem conceitual vista sob a perspectiva da mudança conceitual**

A pesquisa em mudança conceitual “investiga como os conceitos mudam com a aprendizagem e o desenvolvimento [cognitivo] em matérias de diferentes áreas [do conhecimento]”; o intuito é de “explicar as dificuldades dos estudantes em aprender conceitos mais avançados e contra intuitivos nessas áreas” (VOSNIADOU, 2013, p.1).

O problema da mudança conceitual foi primeiramente abordado pelos filósofos da História da Ciência, que buscaram explicar como as teorias científicas se modificam. Kuhn (1970/2013) argumentou que essa modificação ocorreria quando os praticantes de uma determinada comunidade científica, que partilham de um conjunto de crenças, suposições e comprometimentos acerca de um fenômeno – ou seja, um paradigma –, começam a se defrontar com um acúmulo de anomalias provenientes de suas descobertas, em que essas teorias perdem sua validade. Assim, haveria a instauração de uma crise, marcada pela incomensurabilidade entre as teorias rivais, que acabaria sendo superada por uma revolução de paradigmas (KUHN, 1970/2013).

Exemplos de revoluções científicas incluem a teoria de Newton na Física, a teoria de Copérnico na Astronomia e a teoria de Darwin na Biologia. Nesses casos, novas teorias são geradas para explicar tanto os novos fenômenos quanto os já conhecidos, com o desenvolvimento de novos conceitos (VOSNIADOU, 2013). Essas ideias foram bastante influentes para impulsionar as investigações sobre a mudança conceitual

no campo educacional (ABIMBOLA, 1988; AMIN, SMITH e WISER, 2014).

Amin, Smith e Wiser (2014), ao fazer uma análise sobre as evoluções ocorridas nesse campo de investigações, identificam três fases: a primeira (entre 1970 e 1980), na qual se busca revelar as concepções dos estudantes em domínios específicos, rejeitando uma visão de domínio geral sobre o desenvolvimento conceitual; a segunda (a partir de 1990 e início de 2000), na qual se enfatiza o processo de mudança e se reconhece a gama de elementos envolvidos nesse processo (biopsicossociais); e, a terceira fase, em andamento, na qual os pesquisadores vêm adotando uma perspectiva sistêmica, na caracterização de conceitos, suas mudanças e delineamentos para o ensino, considerando os vários elementos de conhecimento em múltiplos níveis de análise. Os eixos teóricos apresentados a seguir vêm se desenvolvendo, praticamente, ao longo de todas essas fases. Apesar das diferentes perspectivas que cada um propõe, a maioria partilha de muitas ideias comuns e complementares.

### 2.1.1 A mudança conceitual como *Theory-Theory*

Psicólogos do desenvolvimento e educadores, na década de 1970, perceberam que as constatações feitas por Thomas Kuhn, acerca dos paradigmas, apresentavam certo grau de paralelismo com o que ocorria no processo de aprendizagem dos estudantes das Ciências Naturais (AMIN, SMITH e WISER, 2014; VOSNIADOU, 2013). Perceberam, por exemplo, que estudantes de Física, ao tratar da cinemática newtoniana, apresentavam um conceito prévio de movimento parecido com a teoria medieval do ímpeto, que persistia mesmo após a instrução.

Posner et al. (1982) são reconhecidos como pioneiros (na área educacional) ao propor uma abordagem pedagógica para o problema da mudança conceitual utilizando-se das ideias de Kuhn (1970/2013), sobre paradigmas e revoluções científicas, e do construtivismo. Empregam os termos ‘assimilação’ e ‘acomodação’ (embora, não os reconhecendo como mecanismos atuantes no processo, como entendidos por Piaget) para ilustrar a mudança conceitual – sobretudo com o termo acomodação, reservado para caracterizar uma mudança conceitual radical, ou seja, sobre um fenômeno cujos conceitos existentes do estudante não lhe dão conta de extrair entendimentos.

Para Posner et al. (1982), a aprendizagem é entendida como uma atividade racional centrada em ideias, suas estruturas e as evidências que

as sustentam; o estudante traz para a sala de aula seu conhecimento prévio, no qual articula seus conceitos na forma de ‘teorias’ – termo que Vosniadou (2007, p.49) esclarece, para esse contexto, como “um corpo de conhecimentos de domínio específico relativamente coerente, caracterizado por uma ontologia distinta e causalidade que dão origem às explicações de um fenômeno e predições sobre sua ocorrência” – sem que sejam sistematicamente testadas empiricamente para fins de confirmação/falseamento. Assim, de acordo com Posner et al. (1982), por meio do conflito cognitivo, seria possível ao estudante superar seus equívocos conceituais se ele fosse submetido a uma mudança radical, no intuito de promover a substituição ou a reorganização de seus conceitos. Para realizar este tipo de instrução, deveriam ser fornecidas as seguintes condições:

1. Promover a insatisfação dos conceitos (prévios) existentes;
2. O novo conceito a ser aprendido deve ser inteligível (fazer sentido ao sujeito);
3. O novo conceito deve ser plausível (incorpora o conhecimento prévio do sujeito e ao modifica-lo, corrige suas inconsistências); e,
4. O novo conceito deve ser fecundo (propiciar novos caminhos para que o sujeito aborde a realidade).

Outra proposta pertencente ao eixo *Theory-Theory* é a de Susan Carey (1992; 2004; 2009; 2011). Carey (1992) aborda o problema da aprendizagem conceitual adotando um posicionamento kuhniano de incomensurabilidade; primeiramente, fazendo uma distinção entre reestruturações ‘fracas’ e ‘fortes’. As reestruturações fracas são geralmente aditivas ou permitem o estabelecimento de novas relações entre conceitos, no sentido que os novos conteúdos de aprendizagem enriquecem os conceitos que o indivíduo já tem; sem, no entanto, causar modificações críticas nas suas essências e, consequentemente, na maneira em que ele já compreendia ou explicava um dado fenômeno anteriormente (AMIN, SMITH e WISER, 2014).

As reestruturações fortes – que correspondem ao escopo das investigações em mudança conceitual, adotado tanto por esse eixo quanto pelos demais (com exceção do eixo teórico *Knowledge in Pieces*, que também se ocupa em examinar as reestruturações fracas) –, por sua vez, correspondem aos novos conteúdos de aprendizagem que não apenas enriquecem os conteúdos existentes, mas que, para serem compreendidos ou explicados pelo indivíduo, requererão uma visão

radicalmente diferente daquela tida anteriormente (CAREY, 1992). Desse modo, os conceitos que o indivíduo dispõe passam por uma profunda revisão na sua essência, havendo diferenciação e coalescência; podem dar origem a novos conceitos ou desaparecer; e, as relações entre eles sofrem alterações de caráter fundamental (AMIN, SMITH e WISER, 2014; CAREY, 1992).

Na sua proposta de uma teoria sobre a origem dos conceitos, Carey (2004, 2009, 2011) propõe um mecanismo cognitivo que viabiliza a aprendizagem conceitual denominado de *bootstrapping*<sup>3</sup>. De acordo com Carey (2011, p.120), o mecanismo do *bootstrapping* é inspirado em estudos sobre o processo de descobertas científicas de importantes personagens da história, tais como Johannes Kepler, Charles Darwin e James Clerk Maxwell; este processo envolve a “modelagem de um fenômeno em um domínio específico considerando os conceitos disponíveis à criança ou ao cientista, em termos de um conjunto de símbolos inter-relacionados, tomando-se uma estrutura de referência” (por exemplo, uma equação matemática ou a proposição de uma hipótese); as atividades de modelagem incluem “a construção e o monitoramento de analogias, análises de casos limites, experimentos e inferências indutivas”.

Carey (1992) apresenta três possíveis exemplos de mudanças que podem ocorrer nos conceitos durante o processo de elaboração de conhecimento (além de enriquecimento que caracteriza uma reestruturação conceitual fraca): propriedades consideradas periféricas passam a ser consideradas como essenciais e vice-versa (por exemplo, no caso em que crianças passam a ver pequenez e fragilidade como propriedades periféricas em bebês, ao invés de essenciais); conceitos são incorporados em novas categorias ontológicas ou rearranjados dentro das já existentes (por exemplo, o Sol e a Terra pertencem, respectivamente, às classes celestiais distintas das estrelas e planetas, ao invés de serem considerados numa só); e, conceitos são incorporados em teorias localmente incomensuráveis (por exemplo, a teoria do flogisto e do oxigênio sobre a combustão).

---

<sup>3</sup>Literalmente, *bootstrapping* pode ser traduzido com ‘encadramento’, conforme pode ser visto na capa da obra de Carey (2009). É um termo utilizado metaforicamente para indicar a fixação ou estabilidade entre conteúdos e estruturas.



### 2.1.2 A mudança conceitual como *Knowledge in Pieces*

Andrea diSessa e colaboradores abordam o problema da mudança conceitual sob o eixo teórico do *Knowledge in Pieces* (conhecimento em partes). Diferentemente do eixo *Theory-Theory*, que aborda a mudança conceitual em nível de conceitos, este eixo centra a ocorrência das mudanças em unidades de conhecimento que estariam entre os perceptos – os sinais captados por mecanismos perceptivos tais como visão, audição etc. – e os conceitos, denominando-as de *phenomological-primitives* ou *p-prims* (primitivos fenomenológicos) (DISESSA, 1988; 2014).

*P-prims* referem-se às constatações que o indivíduo faz de uma situação corriqueira específica, que ele irá enxergar superficialmente como óbvia ou natural, como, por exemplo, a crença de que grandes esforços proporcionam grandes resultados (DISESSA, 1988; 2014; 2015). Além disso, essas unidades de conhecimento geralmente encontram-se desarticuladas e isoladas no raciocínio do estudante, conferindo-lhe uma característica ingênua ou de iniciante, comparado àquela encontrada no raciocínio científico (AMIN, SMITH e WISER, 2014).

Outro aspecto a assinalar é que, enquanto os eixos teóricos *Theory-Theory*, *Framework Theory* e *Ontological View* partilham da ideia de que conceitos são unidades “elementares de raciocínio” (GALLESE e LAKOFF, 2005, p.455) ou de “representação mental” (CAREY, 2000, p.14), como se fossem conexões dentro de uma rede, o eixo *knowledge in pieces* abandona essa ideia, no argumento de que conceitos devem ter diferentes construtos e vistos como sistemas (DISESSA e SHERIN, 1998). Propõe um em específico, orientado originalmente para fenômenos na Física, no qual um conceito é uma ‘classe de coordenação’.

diSessa e Sherin (1998) alegam que, como ver as coisas no mundo real é uma realização cognitiva complexa, os conceitos não seriam nem as coisas em si, nem as representações mentais, mas aquilo que subjaz à habilidade de poder obter informações sobre essas coisas. Essas coordenações são “meios sistematicamente conectados de se obter informações” no mundo ou de “fazer a sua leitura” (DISESSA e SHERIN, 1998, p.1171).

As coordenações dependem de dois elementos estruturais de cognição principais, que são interdependentes e evolutivos: a disposição de ampla gama de conjuntos de ‘estratégias de leitura de informações’ (características dos objetos de conhecimento que o indivíduo orienta a

sua atenção ou consegue perceber) e das ‘redes de causalidades’ (constatações que o indivíduo tira de suas observações do objeto de conhecimento e faz suas inferências) (DISESSA e SHERIN, 1998; LEVRINI e DISESSA, 2008). Para diSessa e Sherin (1998), diSessa (2014; 2015) e Levrini e diSessa (2008), as mudanças que ocorrem nos elementos estruturais de estratégia de leituras e nas redes de causalidade são parâmetros para deflagrar a mudança conceitual.

Além disso, diSessa e Sherin (1998) propõem que as coordenações, sobre as leituras realizadas nas diversas situações em que o indivíduo se depara, são de dois tipos: de ‘integração’ (conectar as informações provenientes das observações realizadas no ambiente) e de ‘invariância’ (reconhecer a mesma informação a partir de observações em diferentes circunstâncias).

### 2.1.3 A mudança conceitual como *Framework-Theory*

Stella Vosniadou e colaboradores abordam o problema da mudança conceitual sob o eixo teórico do *Framework-Theory*; a partir de um sistema de conhecimentos constituído de muitos elementos diferentes organizados de forma complexa (VOSNIADOU, 2013). No âmago dessa abordagem reside a ideia de que o indivíduo (no caso, a criança) inicia seu processo de elaboração de conhecimentos com base em elementos perceptivos, formulando teorias ingênuas acerca de sua realidade – antes mesmo de incidir por um processo de aprendizagem escolar formalizado –, as quais necessitarão passar por mudanças fundamentais em suas ontologias, epistemologias e representações do mundo físico (VOSNIADOU, 1994, 2012; STATHOPOULOU e VOSNIADOU, 2007; VOSNIADOU e BREWER, 1992).

Devido ao fato de o sujeito ser capaz de assimilar informações tanto de forma aditiva quanto enriquecedora às suas estruturas de conhecimento existentes (mas, incompatíveis com o conhecimento científico aceito), o processo de aprendizagem é lento, gradual e geralmente marcado por fragmentações e equívocos (VOSNIADOU, 1994, 2007). Assim, não haveria uma espécie de mudança conceitual radical no sujeito, mas a coexistência entre perspectivas cientificamente aceitas e equivocadas num mesmo sistema conceitual dinâmico e em constantes alterações, passíveis de aperfeiçoamento. Esses estados intermediários de conhecimentos gerados (e deformados) são caracterizados como ‘modelos sintéticos’ (VOSNIADOU, 2012, 2013).

Os modelos sintéticos podem dar lugar a modelos mais sofisticados e cientificamente corretos com o passar do tempo ou permanecer com a mesma estrutura. Vosniadou (2013) argumenta que a mudança conceitual intencional (por meio de instrução) deve ser planejada de forma cuidadosa, desde a sequência dos conceitos a serem aprendidos até a abertura dada ao sujeito para poder refletir sobre as suas crenças acerca do fenômeno em questão.

#### 2.1.4 A mudança conceitual como *Ontological View*

Micheline T. H. Chi (2013) aborda o problema da mudança conceitual sob o eixo teórico do *ontological view*. Assim como os eixos vistos anteriormente, enfoque é dado ao conhecimento prévio no indivíduo, diferenciando os equívocos conceituais em dois tipos: os que são ‘inexatos’ e os que são ‘incomensuráveis’.

Os equívocos do tipo inexato correspondem a dois subtipos: um referente às ‘falsas convicções’, declaradas na forma de ideias simples como, por exemplo, “todos os vasos sanguíneos possuem válvulas” ou o “coração é responsável por reoxigenar o sangue” (CHI, 2013, p.51; CHI e ROSCOE, 2002); e, outro referente a uma ‘coleção’ de falsas convicções ou ideias que levam à elaboração de ‘modelos mentais falhos’ para explicar e prever fenômenos, tal como os modelos mentais sobre o planeta Terra para explicar a sua forma, a sucessão dos dias e noites, das fases da Lua etc. – ver Vosniadou e Brewer (1992) para mais detalhes –, ou do sistema circulatório para explicar o caminho percorrido pelo sangue no corpo humano – ver Chi e Roscoe (2002).

Os equívocos do tipo ‘incomensurável’ correspondem também a dois subtipos: um referente à ‘categorizações’ e outro à ‘ausência de esquemas’. O subtipo das categorizações ainda é desdobrado em dois: um referente à ‘categorizações laterais’, no qual os equívocos ocorrem dentro de uma mesma categoria, mas em ramificações diferentes, tal como considerar uma baleia como um tipo de peixe (apesar da baleia pertencer à categoria dos seres vivos, ela pertence à classe dos mamíferos e não dos peixes); e outro quando o equívoco refere-se à ‘categorizações distintas’ ou ‘ontologias’, tais como ‘entidades’, ‘processos e ‘estados mentais’ (CHI, SLOTTA e DE LEEUW, 1994).

Equívocos nesse último subtipo, por exemplo, são atribuir à corrente elétrica, à força aplicada sobre um objeto ou ao calor emitido de um corpo, características pertencentes à ontologia de ‘entidades’ ou substâncias (ter forma, poder ser contida etc.), quando na realidade estes

fenômenos pertencem à ontologia de ‘processos’ (ocorrem ao longo de um período de tempo) (CHI, 2013). Finalmente, o tipo de equívoco referente à ‘ausência de esquemas’ – considerado como o mais robusto de se remediar (CHI, 2005; CHI, 2013; CHI et. al., 2012; SLOTTA e CHI, 2006) – é quando falta ao estudante uma estrutura conceitual para poder dispor de uma categoria alternativa adequada a fim de compreender o fenômeno em questão.

Chi e colaboradores (CHI, 2005; CHI et. al., 2012) argumentam que os equívocos robustos geralmente persistem devido à dificuldade para a mudança das ontologias entre ‘entidades’ e ‘processos’; mais especificamente, por esse último ainda apresentar uma diferenciação entre processos ‘sequenciais’ (apresentam agentes causais definidos) e ‘emergentes’ (não apresentam agentes causais e são aleatórios). Exemplos de processos sequenciais compreendem jogos esportivos (futebol, *baseball*, natação, tênis etc.), a formação de caças em V durante o voo, a divisão celular etc.; exemplos de processos emergentes compreendem o congestionamento de tráfego, a formação de gansos em V durante o período de migração, a difusão do oxigênio dos pulmões para os vasos sanguíneos, a seleção natural nas espécies etc. (CHI, 2013).

## 2.4 A construção do conhecimento em Piaget

Piaget (1975/1976, p.7) centra sua teoria no processo de equilíbrio por tê-lo entendido como o problema central da construção do conhecimento, a qual não procederia integralmente “nem da experiência única dos objetos ou da pré-formação da programação inata no sujeito, mas de sucessivas construções com constantes elaborações de novas estruturas”. Nesse processo de equilíbrio, Piaget (1967/1996; 1975/1976) argumenta que as regulações constituem os mecanismos de cognição responsáveis pelas construções ou modificações do conhecimento. Essas regulações são constituídas por três elementos gerais – estruturas internas de cognição, assimilação e acomodação –, além das características específicas do ambiente.

As estruturas internas de cognição são neurológica e fisiologicamente intrínsecas ao corpo (organismo/sistema) (FURTH, 1969/1974). Piaget (1967/1996; p.16) conceitua essas estruturas em termos de esquemas, ou padrões presentes nas ações que são “transferíveis, generalizáveis ou diferenciáveis de uma situação para outra”. A assimilação denota a tendência do organismo em atrair o

conteúdo do ambiente que lhe é suportado por seus esquemas; a acomodação, por sua vez, denota a tendência do organismo em ajustar seus esquemas ao conteúdo assimilado (PIAGET, 1966/2008).

A cognição é usualmente associada ao pensamento de ordem superior; no entanto, esquece-se que o aparelho cerebral faz parte de um todo (estruturado) ou um sistema que chamamos de corpo – e, conseqüentemente, subestima-se o papel desse sistema na experiência de construção do conhecimento (FURTH, 1969/1974; THAGARD, 2012). Embora o cérebro seja conhecido como a sede do pensamento, é o corpo, de fato, quem interage com/no ambiente. (GALLESE e LAKOFF, 2005; DAMÁSIO, 1994/2012). Da mesma forma como a homeostase compreende um conjunto fundamental inato de mecanismos orgânicos que o corpo dispõe para garantir sua integridade, os reflexos do recém-nascido (esquemas inatos tais como sugar, tocar e olhar) e os objetos de conhecimento, pertencentes ao ambiente que o cerca, compreende o primeiro conjunto de mecanismos de regulação cognitiva (PIAGET, 1966/2008, 1975/1976).

O exercício dos reflexos por repetição em situações ocasionais precede a elaboração de ações elementares (ou hábitos), conduzindo à generalização dessas ações, seguidas pela introdução de novas ações, mais estruturadas (FURTH, 1969/1974; PIAGET, 1966/2008). Assim, de acordo com Piaget (1966/2008), a criança inicialmente constrói o seu conhecimento sobre o mundo ao interagir de forma prática com ele.

Esse padrão de construção do conhecimento centrado em ações práticas, Piaget (1966/2008; 1977/1995) denomina por sensório-motor. Embora o conhecimento sensório-motor é especialmente crucial para os primeiros anos da criança, persiste por toda a sua vida e torna-se automatizado para a maioria das situações (permitindo que o indivíduo possa andar, identificar objetos, praticar esportes, ouvir música, digitar no computador, tocar um instrumento musical, dirigir um carro etc.) (FURTH, 1969/1974; PIAGET, 1966/2008, 1975/1976).

As regulações sensório-motoras constituem as primeiras fontes de construção do conhecimento, agrupadas por Piaget (1977/1995) sob a égide do processo de abstração empírica (*empirique*, no francês), o qual corresponde à manipulação de objetos físicos (suas formas, características, espaço, tempo, causalidade etc.) ou os aspectos da ação em si (mover, agarrar, andar, ver, ouvir, puxar etc.). A abstração empírica perpetua a permeação do conhecimento (prático) no corpo – ou seja, ainda não há um sentido ou um entendimento aprofundado associado a ela (FURTH, 1969/1974; PIAGET, 1977/1995).

A título de exemplo, considere uma jovem estudante universitária em sua primeira aula de direção. Ela primeiramente se familiariza com os botões no painel do veículo, as alavancas próximas ao volante, os espelhos laterais, os pedais etc., meramente ao olhá-los (reconhecendo-os vagamente do carro de seus pais) e então, seguindo os comandos do instrutor, tocando, pressionando, puxando, empurrando e/ou ajustando esses itens. Então, novamente, seguindo o comando do instrutor, ela dá partida no carro e o põe em movimento.

Esse é um bom exemplo<sup>4</sup> de uma situação envolvendo a abstração empírica. Depois de um tempo considerável dirigindo, espera-se que a estudante adquira hábitos que ampliem os esquemas aplicados anteriormente (por combinação, diferenciação etc.) e, dessa forma, aprenda a atividade de dirigir um carro de forma apropriada. De acordo com a teoria de Piaget (1967/1996, 1968/2003, 1975/1976, 1977/1995), as várias ações primárias realizadas pela estudante naquela situação específica trariam a ela somente um conhecimento prático, porque permitiriam a ela conhecer como dirigir o carro, mas não ainda compreender o funcionamento do carro ou seu movimento.

A abstração empírica dá ao indivíduo a base para o engajamento na aprendizagem conceitual, onde a representação – através da imitação, linguagem, imagens, intuição, percepção etc. – passa gradativamente a ter um papel principal (PIAGET, 1977/1995). O aperfeiçoamento e a diversificação dos mecanismos de regulação cognitiva iniciais, através da interação entre o corpo e o ambiente, assumem duas características principais e complementares para essa nova forma de construção do conhecimento: o processo de tomada de consciência (*réfléchissement*) e o processo de compreensão (*réflexion*) (DAWSON-TUNIK, FISCHER e STEIN, 2004; PIAGET, 1975/1976, 1977/1995). Piaget (1977/1995) argumenta que essas regulações fazem parte do processo de abstração reflexionante (*réfléchissante*).

A tomada de consciência enceta um ciclo de internalização envolvendo o ‘fazer sentido’ ou o entendimento aprofundado através da representação (PIAGET 1975/1976, 1977/1995). Dá suporte à conceitualização do conteúdo assimilado, devido à necessidade da

---

<sup>4</sup>Embora tenha-se elaborado os exemplos a fim de ilustrar o entendimento em decorrência da interpretação da teoria de equilíbrio de Piaget – extrapolando-se, dessa forma, o que o próprio Piaget investigou –, eles foram baseados em evidências reunidas da literatura que utiliza o construtivismo piagetiano em contextos que vão além da infância (ver Becker (2014); Picetti (2008); Freiesleben (2015); Frezza (2015); Schwartz e Fischer (2004)).

construção em nível da consciência (DAMÁSIO, 1994/2012, 2011), do que anteriormente permeava o pensamento do aprendiz através do conhecimento prático (PIAGET, 1975/1976, 1977/1995).

Piaget (1968/2003, p.119) considera a tomada de consciência como “fragmentária e deformante”. Deste modo, a compreensão fecharia o ciclo no intuito de organizar o novo conteúdo juntamente ao conhecimento anterior (contido nas estruturas internas de cognição), modificando esse último (por adições, correções ou diferenciações) (PIAGET, 1975/1976, 1977/1995).

O processo de abstração reflexionante, com a tomada de consciência e compreensão, envolve duas modalidades diferentes (mas, coexistentes): uma que surge anteriormente e abre caminho entre a permeação e a internalização, chamada de abstração pseudo-empírica (*pseudo-empirique*), e outra que surge mais tarde para abrir caminho entre a internalização e a abstração pura, denominada de abstração refletida (*réfléchie*) (PIAGET, 1977/1995).

A abstração pseudo-empírica abrange a manipulação das características intrínsecas dos objetos físicos, mas (e essa é a sua principal diferença em relação à abstração empírica) as características extraídas dessas manipulações são coordenadas pelas ações do sujeito (PIAGET, 1977/1995). Exemplos dessas características são as ordenações, contagens, classificações, diferenciações, combinações, equivalências e inferências (FURTH, 1969/1974; PIAGET, 1949/1976; 1956/2013).

Por sua vez, na abstração refletida, as características intrínsecas dos objetos (ou o seu conteúdo) são gradativamente sintetizadas em características/padrões/extensões gerais devido à manipulação das características agora provenientes das coordenações inseridas pelas ações do sujeito (PIAGET, 1968/2003; 1975/1976, 1977/1995).

Considere novamente a jovem estudante universitária mencionada no exemplo anterior. Agora ela está frequentando um curso introdutório de Física e aprendendo as Leis de Newton. No caminho para a aula, com base naquilo que ela já aprendeu até o momento na aula e resolvendo alguns exercícios dos livros, ela tenta fazer sentido sobre as Leis de Newton dirigindo o seu carro. Ela começa ponderando: Eu estou com o carro estacionado, então isso significa que as forças atuantes sobre ele estão em equilíbrio. Agora, estamos nos movendo; eu piso no acelerador e a velocidade do carro aumenta, mas isso não quer dizer que a força aplicada está aumentando se a aceleração é constante.... Agora, a velocidade é constante, então eu suponho que, ou a minha aceleração é nula, ou há forças externas agindo contrariamente,

criando atrito.... Bem, como eu ainda sinto meu pé no acelerador controlando a velocidade e a mantenho constante, as forças resultantes devem estar em equilíbrio novamente... e isso parece igual quando o carro estava estacionado!

Esse exemplo simples mostra como a abstração pseudo-empírica funcionaria. Embora o conhecimento prático da estudante, de como dirigir, é insuficiente para aprofundar sua compreensão sobre as Leis de Newton, ele lhe fornece uma base para fazer sentido sobre as leis. Ao passo que a jovem dirige o carro, ela extrai não apenas as características físicas de seu movimento (por exemplo, parado, constante, variado), mas também características tais como ‘aumento/diminuição da velocidade’, ‘forças em equilíbrio’, ‘força aplicada’ ou ‘aceleração’ – assimiladas previamente nas aulas e reforçada através dos exercícios nos livros – por uma coordenação de ações, tais como ‘analisar’, ‘comparar’, ‘descrever’ e ‘fazer inferências’ sobre o estado de movimento.

De acordo com Piaget (1967/1996; 1975/1976; 1977/1995), a estudante está internalizando ou obtendo um entendimento ‘mais aprofundado’ das Leis de Newton. Depois de um número considerável de ciclos de internalização (com correções, ratificações e/ou diferenciações que ela irá descobrir e utilizar para refinar seu pensamento), o conhecimento conceitual dela irá evoluir e lhe permitir que se dê conta (a grande ideia) que as Leis de Newton representem o movimento para muitas outras situações possíveis na vida real que ela nunca presenciou. Isso expande o seu escopo para uma abstração mais sofisticada, no qual o conteúdo particular é substituído pela sua extensão (ou generalização), e a formalização é manipulada de forma extensiva, como acontece por exemplo na manipulação de equações e modelos matemáticos.

## **2.5 Mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem conceitual: conclusões**

A partir das apresentações realizadas nas seções anteriores, elaborou-se a Tabela 2, com um resumo das principais ideias sobre os mecanismos de cognição propostos pelos eixos teóricos *theory-theory*, *knowledge in pieces*, *ontological view*, *framework-theory* e *equilíbrio* – baseando-se no construto de mecanismo de Machamer, Darden e Craver (2000).



Tabela 2 – Caracterização dos mecanismos de cognição de acordo com seus eixos teóricos.

<b>Eixo teórico</b>	<b>Mecanismo proposto</b>		<b>Princípio de funcionamento</b>
	<i>Entidades</i>	<i>Atividades</i>	
Equilibração	Tomada de consciência e compreensão	Reflexionamento	Regulação (assimilação-acomodação e esquemas cognitivos)
<i>Ontological view</i>	Ontologia	Categorização	Deslocamentos intra e inter ontológicos
<i>Theory-theory</i>	Incomensurabilidade	Conflito cognitivo	Insatisfação, inteligibilidade, plausibilidade, fecundidade
	<i>Bootstrapping</i>	Analogias, análises de casos limites, experimentos e inferências indutivas	Diferenciação, coalescência e relação
<i>Framework-theory</i>	Ontologia, epistemologia e modelo mental	Sequenciamento de conteúdo e reflexão	
<i>Knowledge in pieces</i>	<i>P-prims</i>	Coordenação de classes (integração e invariância)	Estratégias de leitura de informações e rede causal

A ordenação dos eixos, apresentada na Tabela 2, é intencional no sentido de sugerir a abrangência que cada eixo possui em relação ao outro na caracterização dos mecanismos de cognição. Entende-se que cada eixo trata o problema da elaboração e modificação do conhecimento em níveis diferentes de complexidade; mas, que possuem interdependência. A impressão que se tem é de que seriam praticamente

os mesmos mecanismos considerados por perspectivas de funcionamento complementares.

O nível em que a teoria de equilíbrio proporciona informações é mais geral que todos os outros eixos. Parte-se da premissa de que deverá englobar os demais. Os mecanismos propostos pela teoria de equilíbrio podem ser considerados como uma primeira abordagem útil sobre o que está ocorrendo cognitivamente no processo de aprendizagem conceitual do indivíduo. Entende-se que as informações nesse nível de análise permitam entender quais tipos de ações realizadas pelo sujeito poderiam estar mais orientadas à tomada de consciência ou à compreensão, bem como subsidiar avaliações sobre um possível grau de contribuição dessas ações sobre o mecanismo de cognição. Além disso, o processo de reflexionamento fornece subsídios para acompanhar a sofisticação que o raciocínio do indivíduo vai adquirindo em termos de um *continuum* concreto-abstrato, ao propor uma ordem natural para essa sofisticação, a partir da coexistência das abstrações empírica e reflexionante (pseudo-empíricas e refletidas). No entanto, percebe-se que os desdobramentos dessa sofisticação necessitarão de abordagens complementares, provenientes dos outros eixos.

O nível em que o eixo *Ontological View* proporciona informações sobre os mecanismos de cognição é pouco menos geral que a teoria de equilíbrio, mas ainda mais geral que os demais eixos, por centrar suas análises das aquisições e mudanças de conhecimento sobre as configurações das categorias ontológicas (intra e inter) que os indivíduos utilizam para dar sentido aos objetos de conhecimento com os quais interagem. Os mecanismos propostos por essa teoria são úteis para uma abordagem em que se busca revelar, por meio da perspectiva ontológica do funcionamento cognitivo, em quais situações a natureza dos objetos torna-se um fator de restrição ou expansão para o raciocínio do indivíduo, tanto na sua tomada de consciência quanto na sua compreensão.

O nível em que os eixos *Theory-Theory* e *Framework-Theory* proporcionam informações sobre os mecanismos de cognição pode ser considerado como intermediário, se comparado aos demais, por centrar as suas análises das aquisições e mudanças de conhecimento a partir dos produtos de relações, diferenciações e coalescências entre conceitos. O mecanismo de *bootstrapping* é um ponto de convergência para as entidades de incomensurabilidade, ontologias, epistemologias e modelos mentais.

O nível em que o eixo *Knowledge in Pieces* proporciona informações é mais específico que os demais, por concentrar suas

análises da elaboração e modificação do conhecimento na coordenação de *p-prims* via estratégias de leitura de informações e na rede de causalidade inferida pelo indivíduo ao interagir com o objeto de conhecimento. O mecanismo desse eixo é útil para uma abordagem que busca revelar a sistematicidade do funcionamento cognitivo, independentemente do tipo de reestruturação (fraca ou forte) envolvida.

Advogar pela superioridade de um determinado eixo teórico é uma questão que depende, em última instância, do tratamento que o problema sob investigação requer. No caso aqui investigado, sobre a aprendizagem conceitual do estudante de engenharia para o domínio humanista, abordam-se conceitos (Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia) caracterizados por relativa imprecisão e flexibilidade nas suas articulações. Em outras palavras, como a compreensão sobre esses conceitos requer um entendimento profundo das idiossincrasias evolutivas que caracterizam as práticas e as reflexões dos pesquisadores e praticantes pertencentes aos campos que esses conceitos remetem, por não se saber ao certo qual o tipo de funcionamento predominará sobre as mudanças regulares produzidas (será que haverá mudanças mais elementares provenientes de um mecanismo mais geral ou mudanças mais gerais provenientes de um mecanismo mais especializado?), ao restringir as observações sobre as mudanças regulares produzidas pelos mecanismos de cognição (mais especializados) em termos de ontologias, epistemologias, estratégias de leitura de informações etc., corre-se o risco de não se perceber as regularidades mais elementares e sutis, que poderiam estar por trás de uma mudança que diferencia a configuração inicial da configuração final de um conhecimento. Nesse sentido, entende-se, portanto, que a teoria de equilíbrio seja uma referência mais apropriada a ser adotada do que as demais vistas no presente Quadro Teórico.



### 3 METODOLOGIA

A apresentação dos pressupostos e procedimentos metodológicos dessa pesquisa adota a estrutura indicada por Creswell (2010; 2014), composta da seguinte forma: Concepção filosófica, Estratégia de Investigação e Método.

#### 3.1 Concepção filosófica

Entende-se por concepção filosófica, o conjunto de ideias e crenças que guiam as ações que o pesquisador traz para a investigação (CRESWELL, 2010; 2014). Nesse sentido, a concepção aqui adotada é construtivista, na qual “os significados são construídos pelos seres humanos quando eles se engajam no mundo que estão interpretando” (CRESWELL, 2010, p.31). Mais especificamente, adota-se a linha da Epistemologia Genética de Jean Piaget, a ser apresentada a seguir.

A Epistemologia Genética se ocupa com o problema do “desenvolvimento dos conhecimentos, ou seja, o da passagem de um conhecimento menos bom ou mais pobre para um saber mais rico (em compreensão e em extensão)” (PIAGET, 1970/1990, p.4). O termo ‘genético’ difere daquele empregado atualmente de forma estrita pelos biólogos, referente aos mecanismos de hereditariedade. Esse termo foi introduzido pelos psicólogos desde a segunda metade do século XIX, em menção aos processos embriogenéticos ou ontogenéticos (PIAGET e INHELDER, 2012). Deste modo, a compreensão mais adequada é no sentido de ‘origem’ ou ‘gênese’, mas, não se trata do estabelecimento de uma origem absoluta.

A grande lição que o estudo da gênese ou gêneses comporta, está, pelo contrário, em mostrar que jamais existem começos absolutos. Em outros termos, é preciso dizer ou que tudo é gênese, inclusive a construção de uma teoria nova no estado mais atual das ciências, ou que a gênese recua indefinidamente, pois as próprias fases psicogenéticas mais elementares são precedidas por fases que, de uma certa maneira, são organogenéticas, etc. Afirmar a necessidade de remontar à gênese não significa, portanto, de forma nenhuma, conceder um privilégio a tal ou qual fase considerada, falando em termos

absolutos, a primeira; pelo contrário, afirmá-la é chamar atenção para existência de uma construção indefinida e, sobretudo, insistir no fato de que, para lhe compreender as razões e o mecanismo, é necessário conhecer *todas* as fases ou, pelo menos, o *máximo* possível (PIAGET, 1970/1990, p.3, grifos do autor).

A Epistemologia Genética concebida por Piaget foi uma reação às epistemologias racionalistas e empiristas que no século XX propunham que o conhecimento seria uma entidade ou um ‘estado’ de fato, já consolidado. A Epistemologia Genética trouxe uma proposta de cooperação interdisciplinar entre diferentes áreas de investigações (Lógica, Psicologia, Filosofia, Cibernética etc.) para a resolução dos grandes problemas sobre o conhecimento objetivo (PIAGET, 1970/1990; 1972/1991). O conhecimento, para Piaget, não é uma exclusividade da psique, mas um prolongamento solidário que a antecede e pode ser encontrado de forma análoga em fenômenos biológicos.

Piaget sustenta que o comportamento em todos os níveis apresenta aspectos de *estruturação*, e identifica *estruturação com conhecimento*. O conhecimento, neste caso, é considerado num sentido muito geral, e, nesta qualidade, não implica nenhum conhecimento reflexivo ou consciente. Por definição, é sinônimo de “assimilável à estrutura do organismo”. Este ponto de vista simplesmente propõe que um organismo não consegue responder a um estímulo, a não ser que o estímulo seja, pelo menos de uma forma rudimentar, conhecido ou significativo para o organismo. Os biólogos usam, com frequência, uma terminologia diferente, e preferem dizer que o organismo possui alguma informação específica acerca de seu meio. Para Piaget, o item principal é que o comportamento em todos os níveis demonstra aspectos de construção que decorrem, ao menos parcialmente, da estrutura intrínseca do organismo em comportamento, e que este aspecto estruturador é o mesmo que comportamento cognitivo, significativo (FURTH, 1969/1974, p.32).

### 3.2 Estratégia de Investigação

A presente pesquisa caracteriza-se por uma estratégia de investigação qualitativa (CRESWELL, 2010, 2014; SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2013). Para Creswell (2014), a estratégia de investigação qualitativa apresenta as seguintes características:

- É conduzida em um ambiente natural (o campo), uma fonte de dados para uma estreita interação;
- Baseia-se no pesquisador como instrumento-chave na coleta de dados;
- Envolve o uso de múltiplos métodos;
- Envolve raciocínio complexo que circula entre o indutivo e o dedutivo;
- Tem seu foco nas perspectivas dos participantes, seus significados, suas múltiplas visões subjetivas;
- Está situada dentro do contexto ou ambiente dos participantes/locais;
- Envolve um projeto emergente e em evolução, em vez de um projeto rigidamente prefigurado;
- É reflexiva e interpretativa; e,
- Apresenta um quadro holístico complexo.

A condução de uma pesquisa qualitativa é apropriada quando um problema ou questão precisa ser ‘explorada’, no sentido de: identificar variáveis complexas que não podem ser medidas facilmente; ajudar a explicar mecanismos ou ligações em teorias ou modelos; desenvolver teorias ou complementar as já existentes, quando estas se demonstram inadequadas ou imparciais para capturar a complexidade do problema; ou, quando as medidas quantitativas ou análises estatísticas simplesmente não se enquadram no problema (CRESWELL, 2014; FLICK, 2009; SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2013).

A abordagem utilizada para a estratégia de investigação qualitativa é o estudo de caso (YIN, 2015). De acordo com Creswell (2010, p.38), no estudo de caso, o pesquisador “explora profundamente um programa, um evento, uma atividade, um processo, um ou mais indivíduos”; os casos são “limitados pelo tempo e pela atividade, e os pesquisadores coletam informações detalhadas usando vários procedimentos de coleta de dados durante um período de tempo prolongado”. As especificidades do método do estudo de caso,

adaptadas para a condução da investigação aqui realizada, serão apresentadas, com base nas diretrizes de Yin (2015) e estrutura proposta por Creswell (2010), a seguir.

### 3.3 Método

Nessa seção são apresentados os ‘procedimentos metodológicos’, ou o conjunto de atividades sistematizadas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa (GIL, 2010; PACHECO JÚNIOR, PEREIRA e PEREIRA FILHO 2007). Os procedimentos estão organizados da seguinte forma: (i) Design do estudo de caso; (ii) Coleta do Dados; (iii) Análise dos dados; e, (iv) Interpretação.

#### 3.3.1 Design do estudo de caso

Os elementos que compõem o design do estudo de caso são os seguintes: (i) Unidade de análise, questões norteadoras e proposições teóricas sobre os mecanismos de cognição na aprendizagem conceitual; (ii) Planejamento do contexto da disciplina para a aprendizagem conceitual dos estudantes; e, (iii) O termo de consentimento livre e esclarecido.

##### *3.3.1.1 Unidade de análise, questões norteadoras e proposições teóricas sobre os mecanismos de cognição na aprendizagem conceitual*

A unidade de análise (YIN, 2015) nesta investigação corresponde ao indivíduo; mais especificamente, aos seus mecanismos de cognição, de acordo com a teoria de Equilibração de Piaget. As inferências (BARDIN, 1977/2011) sobre esses mecanismos e seu funcionamento são realizadas a partir das ações e dos elementos discursivos que os participantes explicitaram durante as entrevistas.

A questão central investigada neste trabalho foi a seguinte: ***Quais são os mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia?*** As apresentações e discussões realizadas na seção do Quadro Teórico levaram a proposições sobre os mecanismos de cognição (e seus princípios de funcionamento) atuantes no processo de aprendizagem conceitual, deduzidos a partir dos eixos teóricos vistos (*theory-theory, knowledge in pieces, ontological view,*



*framework theory*, equilibração). Apesar de se ter considerado o mecanismo de cognição postulado pela Teoria de Equilibração como referência mais adequada para a investigação aqui realizada, devido a sua abrangência sobre os mecanismos propostos pelos demais eixos, entendeu-se que a formulação de proposições teóricas com base também nos outros eixos forneceria informações relevantes e complementares sobre o mecanismo de cognição, bem como um critério para avaliar a aplicabilidade da Teoria de Equilibração à explicação da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia para o domínio humanista. Dessa forma, na Tabela 3 apresentam-se essas proposições, ou seja, o que se esperou encontrar durante o período de realização das entrevistas com os participantes, em termos de: conhecimento inicial prévio, mudanças regulares produzidas e conhecimento final.

Tabela 3 – Proposições teóricas formuladas para guiar a coleta de dados e análises no estudo de caso.

<b>Eixo teórico</b>	<b>Mecanismo proposto</b>		<b>Princípio de funcionamento</b>
	<i>Entidades</i>	<i>Atividades</i>	
Equilibração	Tomada de consciência e compreensão	Reflexionamento	Regulação (assimilação-acomodação e esquemas cognitivos)
<i>Ontological view</i>	Ontologia	Categorização	Deslocamentos intra e inter ontológicos
<i>Theory-theory</i>	Incomensurabilidade	Conflito cognitivo	Insatisfação, inteligibilidade, plausibilidade, fecundidade
	<i>Bootstrapping</i>	Analogias, análises de casos limites, experimentos e inferências indutivas	Diferenciação, coalescência e relação
<i>Framework-theory</i>	Ontologia, epistemologia e modelo mental	Sequenciamento e reflexão	Diferenciação, coalescência e relação
<i>Knowledge in pieces</i>	Primitivos fenomenológicos ( <i>p-prims</i> )	Coordenação de classes (integração e invariância)	Estratégias de leitura de informações e rede causal

Continua...

Continuação...

<b>Proposições teóricas</b>		
<i><b>Configuração inicial do conhecimento</b></i>	<i><b>Mudanças regulares produzidas (possíveis) devido à:</b></i>	<i><b>Configuração final do conhecimento</b></i>
:	1. Manipulação sobre as características físicas do objeto de conhecimento.	Melhor estruturado e articulado no todo, mas ainda coexistem partes consistentes (coesas e coerentes) e inconsistentes.
	2. Realização de operações (ordenações, classificações, relações, inferências).	
	3. Manipulação sobre extensões/generalizações a partir das características interiorizadas.	
	4. Substituição de categorias (intra e inter).	
	5. Criação de	
	6. novas categorias.	
	7. Substituições de conceitos problemáticos por conceitos mais promissores.	
	8. Compromisso para com novas ideias.	
	9. Enriquecimento de ideias.	
	10. Modificação de propriedades contidas em conceitos (essenciais tornam-se periféricas e vice-versa).	
	11. Elaboração de modelos de representação mental sintéticos.	
Desarticulado e fragmentado no todo, ideias isoladas (tanto consistentes quanto inconsistentes)	12. Diversificação das estratégias de leitura de informações. 13. Alterações (aditivas e supressivas) na rede de causalidades.	

### *3.3.1.2 Planejamento do contexto da disciplina para a aprendizagem conceitual dos estudantes*

Quando o indivíduo ingressa num curso de Engenharia, pelo menos no Brasil, o contato formal inicial – que lhe permite uma compreensão mais esclarecedora e abrangente sobre o papel da profissão da Engenharia na sociedade – ocorre (ou deveria ocorrer) através da disciplina de Introdução à Engenharia (BAZZO e PEREIRA, 2012; BROCKMAN, 2010). Nos moldes curriculares atuais, esta disciplina pode proporcionar um espaço destinado ao questionamento, à discussão e à reflexão sobre as bases humanas, técnicas e científicas que dão suporte à profissão como um todo, de modo que esse estudante possa estabelecer uma referência inicial para se posicionar criticamente, com um embasamento teórico, sobre a profissão de Engenharia. Assim, o restante do curso – ao longo de sua trajetória por meio das disciplinas básicas, técnicas e profissionalizantes – deverá modificar ou não essa compreensão do indivíduo, sobre a profissão da Engenharia.

Para muitos jovens que ingressam numa instituição de ensino superior, a fim de cursar uma engenharia pela primeira vez, a vida acadêmica é reveladora de muitas novidades, inclusive sobre a própria profissão que muitos estão abraçando sem saber ainda, ao certo, do que realmente se trata. Desta forma, nota-se que, se por um lado, as competências que são vistas como essenciais ao profissional de Engenharia, geralmente aparecem em sua forma consolidada na literatura especializada (BARTH et al., 2007; CNE, 2002; RUGARCIA et al., 2000). Por outro lado, compreende-se que a formação do estudante de Engenharia deve ser encarada como um processo de construção. Logo, é, também, nas disciplinas iniciais, tal como na Introdução à Engenharia, em que o estado de competência que requeira o pensamento crítico e/ou sistêmico, a interdisciplinaridade, o trabalho em equipe, a ponderação de valores etc., deverá iniciar a sua ‘passagem’.

Oferta-se a disciplina de Introdução à Engenharia no primeiro período do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Apucarana (UTFPR-AP), desde a abertura desse curso em 2010. Disponibilizam-se 44 vagas semestralmente, com média de preenchimento em torno de 80%. Possui uma carga horária de 36 horas/aula (dezoito aulas com duas horas aula semanais).

Desde o semestre 2013-1, quando a disciplina passou a ser ministrada pelo autor desta tese, sob um paradigma construtivista, realizaram-se modificações no processo de ensino-aprendizagem até se

chegar no formato oferecido nos semestres 2014-1 e 2014-2. A formatação atual da disciplina serve, portanto, como base para proporcionar os meios que possibilitam a realização e acompanhamento da investigação com os estudantes.

A disciplina divide-se em três unidades: a Unidade I é destinada à compreensão dos conceitos de Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia e as relações entre estes; a Unidade II consiste na compreensão do papel social do profissional da Engenharia, tratando sobre os temas da Ética e Meio Ambiente; e, a Unidade III consiste na compreensão sobre os rudimentos na elaboração de um projeto em Engenharia e algumas ferramentas utilizadas. Apresenta-se o plano de ensino da disciplina no Anexo A. Para a investigação realizada na presente tese, utilizou-se a Unidade I da disciplina de Introdução à Engenharia.

Para a operacionalização de cada uma das três unidades da disciplina, elaborou-se um conjunto de módulos, a partir do método denominado ‘Alinhamento Construtivo’ (BIGGS e TANG, 2007). Apresenta-se a descrição desse método a seguir.

O Alinhamento Construtivo é um termo utilizado para designar um método instrucional, proposto pelo psicólogo educacional John Biggs, para a concepção de disciplinas escolares, acadêmicas, profissionalizantes etc. (BIGGS, 1996). O Alinhamento Construtivo tem dois aspectos:

- a) O aspecto ‘construtivo’ refere-se à idéia de que os estudantes constroem significados por meio de atividades de aprendizagem relevantes. Ou seja, entende-se que o significado que o estudante extrai dos objetos de conhecimento não é algo transmitido ou dado pelo professor, mas algo que o estudante tem que criar para si mesmo (BIGGS e TANG, 2007). Nessa perspectiva, o ‘ensinar’ é simplesmente um catalisador (ou facilitador) para o ‘aprender’.
- b) O aspecto ‘alinhamento’, por sua vez, refere-se àquilo que o professor faz para induzir a aprendizagem pretendida ao estudante. Trata-se da criação de um ambiente de aprendizagem que auxilie as atividades necessárias para alcançar os resultados de aprendizagem desejados (BIGGS e TANG, 2007).

Assim,

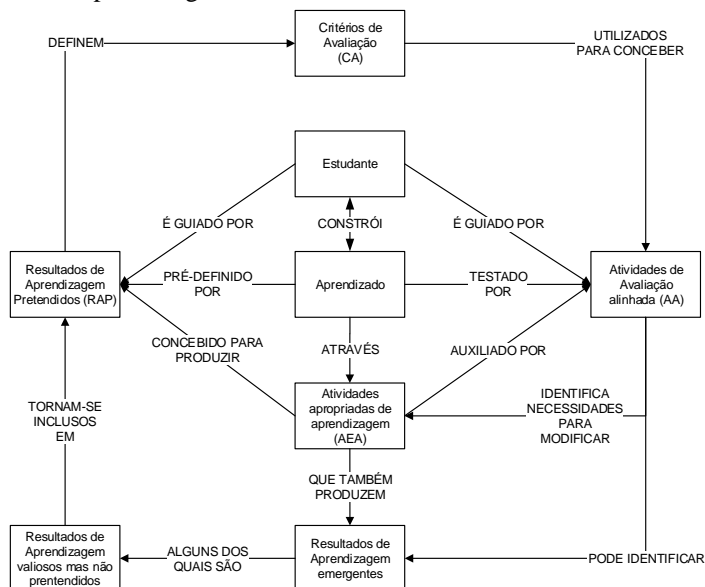
[...] o fundamental é que os componentes do sistema de ensino, especialmente os métodos de ensino utilizados e as tarefas de avaliação, estejam alinhadas com as atividades de aprendizagem assumidas nos resultados pretendidos [...]. Na criação de um sistema alinhado, especificamos os resultados desejados de nosso ensino não só em termos de tópicos do conteúdo, mas no nível de compreensão que nós queremos que os estudantes os alcancem. Nós, então, criamos um ambiente que maximize a probabilidade de que os estudantes irão se envolver em atividades destinadas a alcançar os resultados pretendidos. Finalmente, nós escolhemos as tarefas de avaliação que vai nos dizer o quão bem cada estudante terá atingido estes resultados, em termos de níveis graduais de aceitabilidade. Estes níveis são as notas que atribuímos (BIGGS, p.2, 2004?, tradução nossa).

A Figura 1 esquematiza as possíveis implicações do uso do Alinhamento Construtivo para o processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com Biggs e Tang (2007), para a operacionalização do Alinhamento Construtivo, dada a ementa curricular de uma determinada disciplina, deve-se proceder com a definição e o ajuste de três parâmetros:

1. Os Resultados de Aprendizagem Pretendidos (RAPs), sejam eles em nível da disciplina, módulos ou aulas (fins);
2. As Atividades de Ensino-Aprendizagem (AEAs) que conduzirão aos resultados de aprendizagem pretendidos (meios); e,
3. As Atividades Avaliativas (AAs) e os Critérios de Avaliação (CA), para o acompanhamento do desempenho do estudante ao longo da disciplina (controles).

Figura 1 – Esquematização do Alinhamento Construtivo de Biggs para o processo de aprendizagem



Fonte: Adaptado de Exchange (2011).

A primeira parte da disciplina de Introdução à Engenharia, ‘Unidade I - Noções de História da Engenharia, Conceitos de Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia’ forneceu o contexto ou a situação referência para a realização da investigação neste trabalho, cujos detalhes sobre a elaboração do RAP, das AEAs, da AA e CAs podem ser vistos no Apêndice A, no que convencionou-se chamar, de forma geral, de ‘Atividade 1’. A concepção desta unidade, de caráter conceitual, teve sua inspiração na figura de ‘Homem Universal’ de Leonardo Da Vinci, retratada na obra ‘A Ciência de Leonardo da Vinci: um mergulho profundo na mente do grande gênio da Renascença’, de Fritjof Capra – além de pesquisas prévias sobre os quatro conceitos na literatura especializada. No Quadro 2, apresentam-se exemplos de definições para Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia que os estudantes geralmente encontram em suas buscas e que foram utilizados para subsidiar as discussões em sala.

Quadro 2 – Exemplos de definições encontradas na literatura.

<b>Ciência</b>	
Houaiss e Villar (2004)	Corpo de conhecimentos sistematizados que, adquirido via observação, identificação, pesquisa e explicação de determinadas categorias de fenômenos e fatos, são formulados metódica e racionalmente.
Lakatos e Marconi (2011)	Conjunto de proposições e enunciados, hierarquicamente correlacionados, de maneira ascendente ou descendente, indo gradativamente de fatos particulares para os gerais, e vice-versa, comprovados pela pesquisa empírica.
UNA-UK (2006)	A busca do entendimento sobre como o mundo natural funciona.
<b>Arte</b>	
Houaiss e Villar (2004)	Técnica/habilidade.
Koslowski (2013)	Artefato feito pelo homem que representa algo.
	Algo feito pelo ser humano e exprime sentimentos do artista individuado, esclarecido, articulado, transformado [...] que evoca os mesmos sentimentos no público, ampliando assim a consciência.
	Algo que é feito pelo homem e que possui forma significativa.
<b>Tecnologia</b>	
Veraszto et al. (2008)	Estudo da técnica.
	Conjunto de atividades humanas associadas a um sistema de símbolos, instrumentos e máquinas para a construção de obras e a fabricação de produtos, segundo teorias, métodos e processos da ciência moderna.
	Ferramentas ou artefatos construídos para uma diversidade de tarefas.
	Conhecimento prático derivado direta e exclusivamente do desenvolvimento do conhecimento teórico científico através de processos progressivos e acumulativos, onde teorias cada vez mais amplas substituem as anteriores.
<b>Engenharia</b>	
Bazzo e Pereira (2012)	Mescla complexa e sutil de ciência, técnica, arte, experiência e bom senso.
Murray (1997)	Profissão na qual o conhecimento das ciências matemáticas e naturais, obtido através do estudo, experiência e prática, é aplicado com julgamento no desenvolvimento de novos meios de utilizar, economicamente, os materiais e forças da Natureza para o benefício da humanidade.
Sladovich (1991)	Atividade desempenhada por um grupo social envolvendo o projeto, a construção e a operação de artefatos tecnológicos.



Espera-se que o estudante venha a compreender a Engenharia na direção em que esta é uma resultante do conjunto das interações mais gerais do conhecer, do fazer e do criar, representados pela Ciência, a Tecnologia e a Arte (cada qual com participação mais ou menos intensa conforme a área de atuação do profissional e as situações específicas enfrentadas).

Tratar Engenharia, Ciência, Arte e Tecnologia como conceito (que poderia se objetar em favor de considera-los como campos de práticas, por exemplo) é plausível pela literatura da Psicologia Educacional (CAREY, 2000, 2009, 2011; STREVELER et al., 2008, 2014; VOSNIADOU, 2007, 2013), pois mesmo quando se procura o significado desses campos com questões tais como ‘o que é?’, ‘quais são suas características?’ etc., é necessária a conceitualização. Além disso, esse posicionamento torna propícia uma abordagem ‘interdisciplinar’ para os estudantes, que segundo Pombo (2008), consiste na combinação ou convergência de pontos de vistas de diferentes áreas.

Dessa forma, explicar as relações entre esses conceitos com base numa fundamentação teórica pareceu crucial no intuito de dar uma visão mais abrangente aos estudantes sobre a profissão da engenharia e expandir suas mentes para o domínio humanista. Além disso, essa atividade de ensino é desafiadora, uma vez que a literatura que se aprofunda nas discussões teóricas sobre essas relações é muito fragmentada. Os estudantes teriam que criar um sistema conceitual no qual as partes permanecem imprecisas, assim como acontece com muitas das questões profissionais. No mínimo, esperava-se que os estudantes se engajassem no pensamento crítico para conseguir responder a essa situação de forma efetiva.

Quanto à dinâmica em sala de aula, trabalhou-se o conteúdo da seguinte forma: propôs-se para cada aula um único tema gerador, ou seja, numa aula trabalha-se o conceito de Ciência, noutra o de Arte e assim por diante. Feita uma breve introdução sobre o assunto, pelo professor, com duração em torno de dez minutos, solicitou-se aos estudantes que se reunissem em grupos contendo quatro a oito pessoas, em que cada uma deveria expor qual seria o seu entendimento ou como define o conceito em pauta (para o grupo). Para isso atribuiu-se um tempo de cerca de dez a vinte minutos, em que o professor poderia ser solicitado pelo grupo para consultas. Depois que cada grupo discutiu internamente seu entendimento sobre cada conceito, o professor solicitou que cada grupo expusesse seu entendimento para os demais, anotando as palavras-chave na lousa. À medida que os grupos expuseram os seus entendimentos e surgiram divergências ou dúvidas

sobre termos específicos ou ideias, os grupos foram solicitados a justificarem o seu posicionamento para os demais, sempre com o professor no papel de mediador dos debates. Essa etapa geralmente levou de vinte a trinta minutos.

Depois que todos os grupos foram ouvidos e as discussões chegaram a um ponto de saturação (com a turma alcançando um determinado entendimento geral sobre o conceito), o professor, então, prosseguiu apresentando o seu posicionamento quanto ao conceito, pautado por suas pesquisas e verificou com os estudantes em que esse posicionamento apresentou em termos de igualdades, diferenças e/ou similaridades daquele expresso pela turma. Esse procedimento geralmente durou o restante do tempo de aula.

Desse modo, os estudantes tiveram a oportunidade de questionar o professor e solicitar explicações do porquê de seu entendimento sobre o tema gerador. Esperou-se que ao final de cada aula, os estudantes saíssem com uma noção mais ou menos formada sobre o tema gerador, que deveriam aperfeiçoar por meio de pesquisas, sempre em direção aos Resultados de Aprendizagens Pretendidos. Na aula que antecedeu a entrega do trabalho solicitado para a Atividade Avaliativa, conforme o Apêndice A, o tema gerador foi sobre a relação que os estudantes perceberam entre os quatro conceitos trabalhados nas últimas quatro semanas, seguindo a mesma dinâmica descrita nos parágrafos anteriores.

No intuito de se compreender melhor os possíveis esforços que os estudantes aplicaram na realização da Atividade 1 (Unidade 1), utilizou-se a Taxonomia SOLO (BIGGS e TANG, 2007) para o detalhamento sobre o grau de complexidade (ou a carga cognitiva intrínseca) exigido, a título de pré-análise. A possibilidade de caracterização dessas tarefas, muitas vezes consideradas um tanto triviais pelos professores (mas não menos pelos estudantes), serviu como valiosa fonte de análise para se investigar e tentar compreender o processo de aprendizagem conceitual do estudante. Para a caracterização da Atividade Avaliativa (AA), por meio da Taxonomia SOLO, levaram-se em conta também as tarefas de pesquisa e produção textual, uma vez que se solicitaram explicações sobre as relações entre os conceitos, com base em fundamentação teórica (o que implica em pesquisas), por meio de produção textual (o que implica em redigir um texto dissertativo).

No Quadro 3, apresenta-se a pré-caracterização da Atividade 1, com o auxílio da Taxonomia SOLO, quanto à AA proposta e as AEAs sugeridas aos estudantes. A pré-caracterização foi realizada considerando-se as tarefas, tanto solicitadas quanto sugeridas aos estudantes, funcionalmente interdependentes. Ou seja, pressupôs-se a

existência de uma espécie de gênese cognitiva, em que as estruturas cognitivas necessárias para a realização de tarefas mais simples seriam pré-requisitos para a realização daquelas com maior grau de complexidade. Dessa forma, quando se apresenta a pré-caracterização no Quadro 3, o mais importante não é fixar-se num determinado grau de complexidade, de forma estática e absoluta, mas compreender até que grau seria exigido ao estudante para a realização da atividade.

De acordo com o preenchimento realizado no Quadro 3, com o auxílio da Taxonomia SOLO, a Atividade Avaliativa (1) proposta (considerando-se também as tarefas de pesquisa e redação do texto dissertativo), mobilizaria processos cognitivos que iriam (em nível crescente de complexidade) do nível Uni-Estrutural ao Nível de Abstração Estendida. A tarefa ‘Definir’ (2) sugerida, mobilizaria processos cognitivos que iriam (em nível crescente de complexidade) do nível Uni-Estrutural ao Nível Relacional. A tarefa ‘Analisar’ (3) sugerida, mobilizaria processos cognitivos que iriam (em nível crescente de complexidade) do nível Uni-Estrutural ao Nível Relacional. A tarefa ‘Selecionar’ (4) sugerida, mobilizaria processos cognitivos que iriam (em nível crescente de complexidade) do nível Uni-Estrutural ao Nível Multi Estrutural. A tarefa ‘Relacionar’ (5) sugerida, mobilizaria processos cognitivos que iriam (em nível crescente de complexidade) do nível Uni-Estrutural ao Nível Relacional.

Quadro 3 – Pré-análise da Atividade 1 por meio da Taxonomia SOLO.

<b>Abordagens de Aprendizagem</b>	<b>Taxonomia SOLO</b>	<b>Descrição sobre o grau de complexidade estrutural cognitiva</b>	<b>Possíveis Verbos utilizados para explicitação de Conhecimento Declarativo (teórico)</b>	<b>Possíveis Verbos utilizados para explicitação de Conhecimento Funcional (prático)</b>
Profunda	Abstração Estendida	Capaz de fazer conexões dentro e fora da área temática, além de generalizar e transferir princípios e ideias subjacentes a situações que não foram experimentadas.	Refletir, Gerar, Criar, Compor, Projetar, Originar. (1)	
	Relacional	Capaz de avaliar o significado das partes em relação ao conjunto, encontrar sugestões, discorrer sobre informação relevante e inter-relações.	Justificar, Concluir, Definir, Resumir, Revisar, Discutir, Transferir, Planejar, Caracterizar, Comparar, Contrastar, Diferenciar, Organizar, Debater, Revisar, Reescrever, Relacionar, Examinar.	Construir, Elaborar (1)

Continua....

Continuação...

<b>Abordagens de Aprendizagem</b>	<b>Taxonomia SOLO</b>	<b>Descrição sobre o grau de complexidade estrutural cognitiva</b>	<b>Possíveis Verbos utilizados para explicitação de Conhecimento Declarativo (teórico)</b>	<b>Possíveis Verbos utilizados para explicitação de Conhecimento Funcional (prático)</b>
Superficial	Multi-Estrutural	Consegue generalizar, mas apenas em termos de um número limitado e independente de elementos.	Classificar, Listar, Descrever, Reportar, Argumentar, Selecionar, Narrar, Sequenciar, Separar, Desenhar. <b>(1) (2) (3) (4) (5)</b>	
	Uni-Estrutural	Capaz de realizar ligações simples e óbvias, mas o seu significado não é apreendido. Não sente necessidade de ser consistente, concluindo demasiado cedo: salta para a conclusão tendo por base apenas um aspecto, podendo ser muito inconsistente.	Memorizar, Identificar, Reconhecer, Esboçar, Encontrar, Rotular, Nomear, Citar, Recitar, Dizer, Escrever, Lembrar. <b>(1) (2) (3) (4) (5)</b>	
	Pré-Estrutural	Capaz de adquirir apenas parte de informações desconexas, sem organização e sentido (confuso).		

**Legenda: (1) AA + Atividades de pesquisa e produção textual; AEs: (2) Definir, (3) Analisar, (4) Selecionar, (5) Relacionar.**

### *3.3.1.3 O termo de consentimento livre e esclarecido*

Submeteu-se o projeto da presente pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa da UTFPR via Plataforma Brasil (<http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil/login.jsf>). O projeto teve parecer favorável (Anexo B), portanto, atendendo a Resolução Nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Elaborou-se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e obtiveram-se as assinaturas de todos os participantes voluntários da pesquisa (Apêndice C).

### *3.3.2 Coleta de dados*

Coletaram-se os dados através de três entrevistas semiestruturadas (com duração de até 50 minutos cada) realizados em salas da própria universidade. Essas entrevistas ocorreram paralelamente ao período em que os estudantes participantes estiveram realizando a ‘Atividade 1’ na disciplina de Introdução à Engenharia – na qual foram solicitados que explicassem, a partir de uma fundamentação teórica, o relacionamento entre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia. As entrevistas ocorreram antes do início das atividades em sala; durante o desenvolvimento das atividades (entre duas e três semanas depois da primeira entrevista); e, depois da entrega do relatório final por escrito (dos estudantes) – como parte da avaliação na disciplina (novamente, duas a três semanas depois). Filmaram-se as entrevistas (com a permissão dos estudantes) e transcreveram-se os conteúdos para um editor de texto digital (Microsoft Word®).

Além dos dados obtidos a partir das entrevistas, consideraram-se as anotações que os estudantes levaram para as entrevistas (das pesquisas que realizaram e utilizaram como material de apoio para justificar suas definições e explicações sobre as relações entre os conceitos), bem como o conteúdo dos relatórios entregues ao final da ‘Atividade 1’, solicitada na disciplina de Introdução à Engenharia.

#### *3.3.2.1 O protocolo de entrevistas*

Elaborou-se um protocolo de entrevistas com base em Carraher (1998), Inhelder e Piaget (1970/1976), Schmid-Kitsikis (1994) e Piaget (1977/1995). Dividiu-se o protocolo em três partes, com suas respectivas questões apresentadas no Apêndice B. Além disso,

aplicaram-se controles internos (SCHMID-KITSIKIS, 1994) na forma de questionamentos durante as entrevistas, a fim de confirmar/elucidar as respostas dadas pelos participantes (por exemplo, ‘O que você quer dizer por...?’; ‘poderia ser mais específico sobre...?’; ou ‘Está certo sobre isso?’).

A Entrevista 1 (Parte I) consistiu em verificar o conhecimento prévio dos estudantes quanto aos seguintes aspectos: (i) a definição que o participante tem dos conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia; (ii) a relação que o participante estabelece entre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia; e, (iii) o planejamento que o sujeito faz para as atividades necessárias de pesquisa e produção textual.

A Entrevista 2 (Parte II) consistiu em verificar o conhecimento dos estudantes quanto aos seguintes aspectos: (iv) as atividades consideradas como necessárias para pesquisa e produção textual realizadas até o momento da entrevista, pelo participante; (v) a definição que o participante chega, por meio de fundamentação teórica, dos conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia por meio de análise intra-conceitual; e, (vi) uma possível relação prévia que o participante realiza sobre os conceitos.

A Entrevista 3 (Parte III) consistiu em verificar o conhecimento dos estudantes quanto ao seguinte aspecto: (vii) as conclusões que o participante chega sobre as relações que estabelece entre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia.

### 3.3.2.2 Seleção da amostra

Na investigação qualitativa não há a fixação *a priori* quanto ao tamanho da amostra (como na abordagem quantitativa); o importante é que esse tamanho permita a ‘saturação de categorias’ na análise dos dados coletados (CRESWELL, 2014; FLICK, 2009; SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2013). Enquanto Sampieri, Collado e Lucio (2013) recomendam um mínimo de 6 a 10 casos para estudos de caso em profundidade, Bardin (1977/2011) recomenda um mínimo de 15 casos.

A seleção da amostra deu-se por meio da participação voluntária de estudantes matriculados regularmente no Curso de Engenharia Têxtil, na UTFPR-AP e que estivessem frequentando a disciplina de Introdução à Engenharia pela primeira vez, neste curso. Incluiu estudantes de todos os gêneros, etnias, crenças, faixas etárias (menores de idade desde que

houvesse um responsável legal). Excluíram-se da amostra estudantes que: já tivessem cursado a disciplina de Introdução à Engenharia, no curso de Engenharia Têxtil, na UTFPR-AP, pelo menos uma vez, nos últimos dois anos; menores de idade que não tivessem o consentimento de um responsável legal para participar da pesquisa; e, possuísem algum tipo de problema de saúde que os impedissem de realizar as entrevistas presencialmente nas dependências do Campus Apucarana. A amostra selecionada compôs-se de estudantes entrantes nos semestres 2014-1 e 2014-2, em número máximo de quinze (e mínimo de acordo com o interesse e disponibilidade dos participantes), devido às questões de tempo e recursos (físicos, financeiros e dos instrumentos de análise) que restringiram a pesquisa.

Realizou-se a primeira etapa da coleta de dados no semestre 2014-1. Dos quinze estudantes que iniciaram a primeira etapa da coleta de dados, onze participaram de todas as três entrevistas. Considerou-se, portanto, nesta etapa, apenas os estudantes que participaram de todas as entrevistas. No Quadro 4 apresenta-se a composição da amostra, quanto ao gênero e idade. Para a identificação dos estudantes utilizou-se um mnemônico com as letras dos três primeiros nomes.

Quadro 4 – Composição da amostra na primeira etapa da coleta de dados quanto ao gênero e idade.

<b>Sujeito (mnemônico)</b>	<b>Gênero</b>	<b>Idade (anos; meses)</b>
ACS	F	(22;7)
AFF	F	(27;3)
CPU	M	(17;8)
FDG	M	(18;4)
GBR	M	(18;1)
IDE	F	(20;2)
LHM	F	(17;11)
LSR	F	(21;5)
MCR	F	(22;7)
PGC	M	(19;10)
TLS	F	(20;7)

Realizou-se a segunda etapa da coleta de dados no semestre 2014-2. Para a composição da amostra, novamente, fez-se, primeiramente, uma breve apresentação em sala de aula, explicando-se o teor da tese do presente autor, convidando os estudantes que estivessem



interessados em participar da pesquisa. Inicialmente, doze estudantes manifestaram o interesse em participar. Salienta-se que, posteriormente, no período da Entrevista 1, mais três estudantes manifestaram interesse em participar.

Dos quinze estudantes que iniciaram a segunda etapa da coleta de dados, sete participaram das duas primeiras entrevistas, sendo que destes sete, dois participaram de todas as três entrevistas. Analisando-se as explicações e conclusões realizadas pelos cinco estudantes restantes, constatou-se que o conteúdo escrito poderia suprir as necessidades que a Entrevista III buscou averiguar, uma vez que na primeira etapa da coleta de dados os estudantes utilizaram seus relatórios para a explicação final das explicações na Entrevista 3. Considerou-se, portanto, para a segunda etapa da coleta de dados, os 2 estudantes que participaram de todas as entrevistas, juntamente com aqueles 5 que realizaram a Entrevista II e entregaram o trabalho solicitado na disciplina. No Quadro 5 apresenta-se a composição da Amostra da segunda etapa da coleta de dados, quanto ao gênero e idade. Para a identificação dos estudantes utilizou-se um mnemônico com as letras dos três primeiros nomes.

Quadro 5 – Composição da amostra na segunda etapa da coleta de dados quanto ao gênero e idade.

<b>Sujeito (mnemônico)</b>	<b>Gênero</b>	<b>Idade (anos; meses)</b>
CAC	F	(17;6)
CAF	M	(19;5)
*GAP	M	(27;9)
GML	M	(19;11)
*MBA	F	(17;8)
MFP	F	(21;3)
MHS	M	(18;0)

\* Estudantes que participaram de todas as três entrevistas.

Considerando-se os estudantes participantes das duas etapas de coleta de dados para a composição final da amostra (Quadro 4 e Quadro 5), do total de 18 pessoas, tem-se: 10 (56%) do gênero feminino e 8 (44%) do gênero masculino; a média de idade é de  $20,4 \pm 3,1$  anos.

### 3.3.3 Análise dos dados

Esta seção aborda a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 1977/2011) e o instrumento utilizado para avaliar o progresso da coerência discursiva (FÁVERO, 2009; SCHIFFRIN, TANNEN e HAMILTON, 2001) dos participantes.

#### 3.3.3.1 Análise de Conteúdo

Designa-se por Análise de Conteúdo

*[u]m conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 1977/2011, p.48, grifos da autora).*

A Análise de Conteúdo tem a sua aplicação no campo das comunicações, prezando pelo rigor analítico das informações contidas em mensagens, obtidas por meio da descrição desse conteúdo. Constitui um “instrumento de indução para se investigarem as causas (variáveis inferidas) a partir dos efeitos (variáveis de inferência ou indicadores, referências no texto) [...]” (BARDIN, 1977/2011, p. 169). Em outras palavras, a sua finalidade é a de permitir a realização de interpretações fundamentadas, através de inferências<sup>5</sup> que, por sua vez, são sustentadas por índices<sup>6</sup> e indicadores.

No intuito de analisar os dados coletados através das entrevistas, aplicaram-se as diretrizes desenvolvidas por Bardin (1977/2011), Creswell (2010; 2014) e Sampieri Collado e Lucio (2013) ao se

---

<sup>5</sup>De acordo com Bardin (1977/2011, p.45), a inferência caracteriza-se por uma operação lógica, pela qual se admite uma proposição em virtude da sua ligação com outras proposições já aceitas como verdadeiras.

<sup>6</sup>O índice constitui na presença ou ausência de certos elementos, explícitos ou implícitos, em uma comunicação, arbitrados pelo analista, a fim de que possam fornecer informações úteis para a investigação e explicação de um dado fenômeno em questão.

proceder com o processo iterativo de preparação, organização e codificação do material. Depois de uma detalhada consideração sobre os dados e ajustes, a codificação final conduziu a três ‘temas’ principais ou ‘unidades de contexto’ (BARDIN, 1977/2011): ‘Definições’, ‘Explicações’ e ‘Tarefas’.

Cada tema principal foi dividido em ‘unidades temáticas’ (BARDIN, 1977/2011). Para o tema principal ‘Definições’, obtiveram-se as seguintes unidades temáticas: Definições com conhecimento prévio sobre Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia (essa unidade temática foi subdividida novamente para a definição de cada conceito); e Definições com embasamento teórico sobre Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia (subdividida de forma similar a anterior).

Para o tema principal ‘Explicações’, obtiveram-se as seguintes unidades temáticas: Primeira explicação sobre a relação entre os quatro conceitos, com base no conhecimento prévio; Segunda e Terceira explicações sobre o relacionamento entre os quatro conceitos, com base em fundamentação teórica.

Para o tema principal ‘Tarefas’, obtiveram-se as seguintes unidades temáticas: Tarefas planejadas e Tarefas realizadas pelos participantes.

Cada unidade temática resultou daquilo que se denominou de ‘categorias emergentes’ (BARDIN, 1977/2011), para diferenciar das unidades temáticas. Para a unidade temática da ‘Definição’, identificaram-se as seguintes categorias emergentes: ‘Predicados’, ‘Finalidades’, ‘Resultados’ e ‘Exemplificações’.

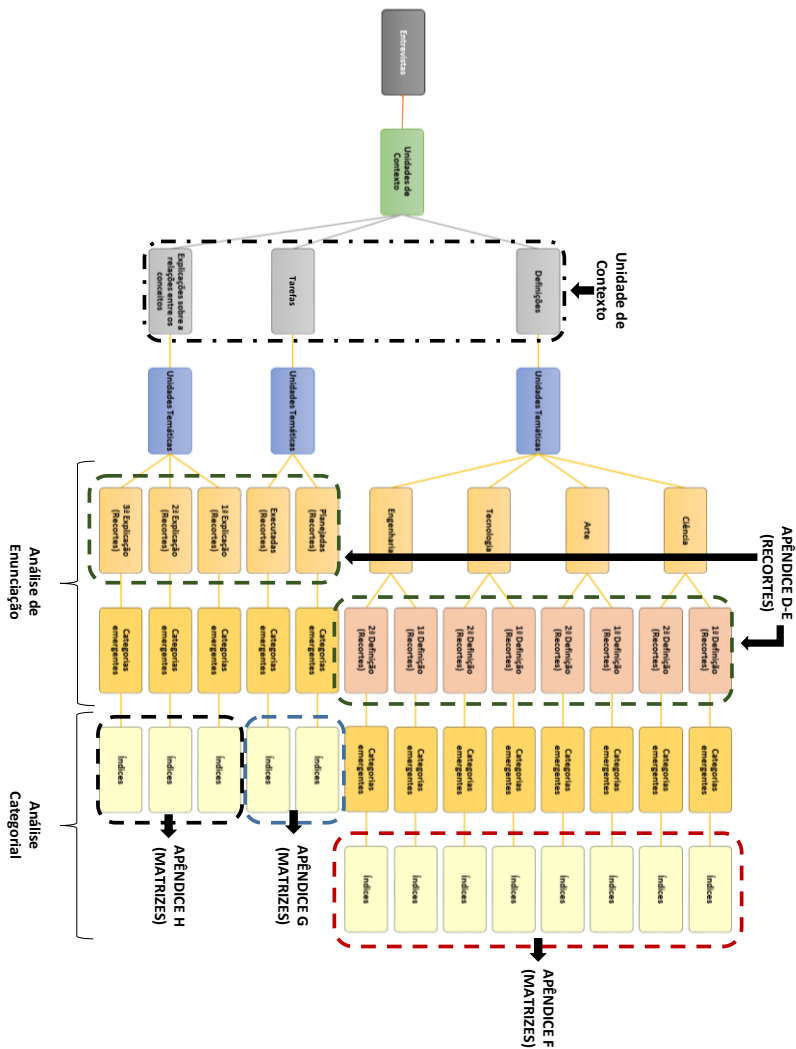
Para a unidade temática da ‘Explicação’, encontraram-se as mesmas três categorias emergentes mencionadas para ‘Definições’ e uma quarta denominada ‘Predicado geral das relações’ (em menção ao relacionamento entre os conceitos como um todo).

Para a unidade temática da ‘Tarefa’, encontraram-se as seguintes categorias emergentes: ‘Meios’ e ‘Resultados’.

Cada categoria emergente resultou do agrupamento dos conteúdos elementares dos discursos – palavras (tais como substantivos, adjetivos, verbos) e frases. Esse procedimento de agrupamento é denominado por ‘unidades de registro’ ou ‘índices’ (BARDIN, 1977/2011).

A Figura 2 oferece uma visão geral da organização do conteúdo analisado das entrevistas.

Figura 2 – Visão geral da organização do conteúdo das entrevistas analisado.



### *3.3.3.2 O instrumento para a avaliação do desempenho dos estudantes*

No intuito de avaliar aperfeiçoamentos no conhecimento dos estudantes através de seus discursos, utilizou-se a técnica de enunciação (BARDIN, 1977/2011), baseada numa estrutura que utiliza os seguintes parâmetros de ‘coerência discursiva’ (FÁVERO, 2009; SCHIFFRIN, TANNEN e HAMILTON, 2001): Não-contradição, Não-tautologia, Relevância da Informação, Continuidade Temática e Progressão Semântica. Consideraram-se todos os parâmetros com pesos iguais para uma pontuação integrada. O Quadro 6 (p.86) apresenta a estrutura de avaliação.

### *3.3.4 Interpretação*

Realizou-se a interpretação dos resultados (CRESWELL, 2014) com base nas predições apresentadas na Tabela 3 (p.66). No intuito de dar credibilidade (BARDIN, 1977/2011; SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2013) a essas interpretações, na seção de Discussões, apresentou-se também na seção de Resultados, a quantificação (BARDIN, 1977/2011; BORREGO, DOUGLAS e AMELINK, 2009) dos índices para os três temas principais. Para os temas ‘Definições’ e ‘Explicações’, aplicou-se o teste estatístico não-paramétrico de Wilcoxon pareado com nível de significância de 95% (utilizando a ferramenta Action para Microsoft Excel®) a fim de identificar variações aleatórias nos índices (GIBBONS e CHAKRABORTI, 2003). Aplicou-se esse teste também na avaliação da coerência discursiva das explicações fornecidas pelos participantes, a fim de subsidiar as discussões sobre os progressos alcançados por esses participantes.

Quadro 6 – Estrutura de avaliação para a coerência discursiva das explicações.

<b>Sujeito:</b>	<b>Entrevista: 1ª( ) 2ª( ) 3ª( )</b>	<b>Explicação: 1ª( ) 2ª( ) 3ª( )</b>
<b>Parâmetros</b>		
<b>Não-contradição</b>	( ) 0 – Há contradições potenciais que torna a mensagem incompreensível para o receptor. ( ) 2 – Há contradições potenciais, mas não a ponto de comprometer a compreensão do receptor. ( ) 5 – Não há contradições potenciais.	
<b>Não-tautologia</b>	( ) 0 – Há redundâncias potenciais que comprometem qualquer tipo de compreensão para o receptor. ( ) 2 – Há redundâncias potenciais, mas não a ponto de comprometer a compreensão do receptor. ( ) 5 – Não há redundâncias potenciais.	
<b>Relevância da Informação</b>	( ) 0 – Não houve informação ou acréscimo de informação potencialmente relevante para esclarecer a compreensão do receptor da mensagem. ( ) 2 – A informação ou o acréscimo de informação é potencialmente pouco relevante para esclarecer a compreensão do receptor. ( ) 5 – A informação ou acréscimo de informação é potencialmente relevante para esclarecer a compreensão do receptor.	
<b>Continuidade Temática</b>	( ) 0 – Apresenta quebras temáticas potenciais que comprometem a compreensão do receptor da mensagem. ( ) 2 – Apresenta quebras temáticas potenciais, mas não a ponto de comprometer a compreensão do receptor da mensagem. ( ) 5 – Não apresenta quebras temáticas potenciais.	
<b>Progressão semântica</b>	( ) 0 – Não emite ideias novas potenciais. ( ) 2 – Emite ideias novas retornando aos elementos conceituais explicitados mas limita-se a repeti-los. ( ) 5 – Emite ideias novas potenciais retornando aos elementos conceituais explicitados sem se limitar a repeti-los.	
<b>Pontuação</b>	<b>Nota Acumulada:</b>	<b>Nota normalizada:</b>

Fonte: Elaborado com base em Fávero (2009) e Schiffrrin, Tannen e Hamilton (2001).

## 4 RESULTADOS

A apresentação dos resultados segue a estrutura identificada a partir da análise dos dados na seção anterior. Portanto, será apresentada da seguinte forma: (i) Tarefas; (ii) Definições; e (iii) Explicações.

### 4.1 Tarefas

Esse tema principal consiste nas tarefas informadas pelos participantes, ambas de planejamento e realizadas, para a determinação das definições dos conceitos e a busca de informações para subsidiá-los no delineamento das relações entre os conceitos. Apresentam-se alguns recortes para mostrar a variedade de tarefas realizadas. A maioria dos participantes utilizou livros (dicionários, livros de metodologia científica, compêndios de arte etc.) da biblioteca da universidade e fontes da Internet (blogs, artigos científicos, *websites* de universidades etc.).

AFF: Então, as.... os meios que eu cheguei até o meu objetivo, na verdade ficaram entre: **livros e revistas**. E **internet** é claro. **Livros, revistas e internet**. Praticamente foi o que eu me dediquei. *Entrevistador: Ok. E, desses, livros, revistas e internet, como é que você procedeu na sua leitura?* AFF: Digamos que foi tipo... Verdade pelos livros eu comecei a **procurar** pelo tema e depois **procurar** dentro desses livros é... um... um capítulo, talvez, na maioria da vezes, que me desse uma direção exatamente daquilo que eu estava **buscando**, porque, eu realmente não ia ler o livro inteiro. E aí eu **procurei** pelo próprio **resumo**, pelo próprio **sumário**, se ele tinha especificado algum tipo de **capítulo** ou **título** de alguma coisa ali dentro que pudesse me auxiliar a achar o que eu queria de forma mais rápida. Então, a partir daí, **selecionei** alguns **livros**, sobre esses temas, e fiz uma **leitura** dinâmica inicialmente sobre o assunto. Depois que eu vi que o assunto era realmente interessante eu comecei a mergulhar neles e comecei a **ler** com mais intensidade. E aí, fui **anotando** as **ideias**, as **referências**, os **pensamentos** para chegar nas **conclusões** e na “melhor”, digamos “melhor” referência que define o conceito que eu... pelo menos a melhor referência que eu acho né, que chega nos conceitos.

FDG: Eu **peguei** alguns **livros** para fazer **pesquisa**... não para ler inteiro porque não ia dar tempo de ler vários livros por inteiro. Fiz **pesquisa** nos assuntos que podiam conter o que eu estava **procurando** e aí fui para **internet**. **Buscar no Google** e em **sites de universidade**. **Buscar em trabalho de alguém que já escreveu alguma coisa** também. Acho que só isso. *Entrevistador: Certo! E quando você fazia essas leituras, em quais aspectos você se atentava quando as*

*fazia, para cada conceito?* FDG: Para uma definição, mas não aquela definição da pessoa falar isso é isso. **Dar exemplos** e por meio daqueles exemplos eu conseguir **entender a definição que ele iria estar passando**. **Buscar** algo mais profundo do que uma coisa que só estava escrita.

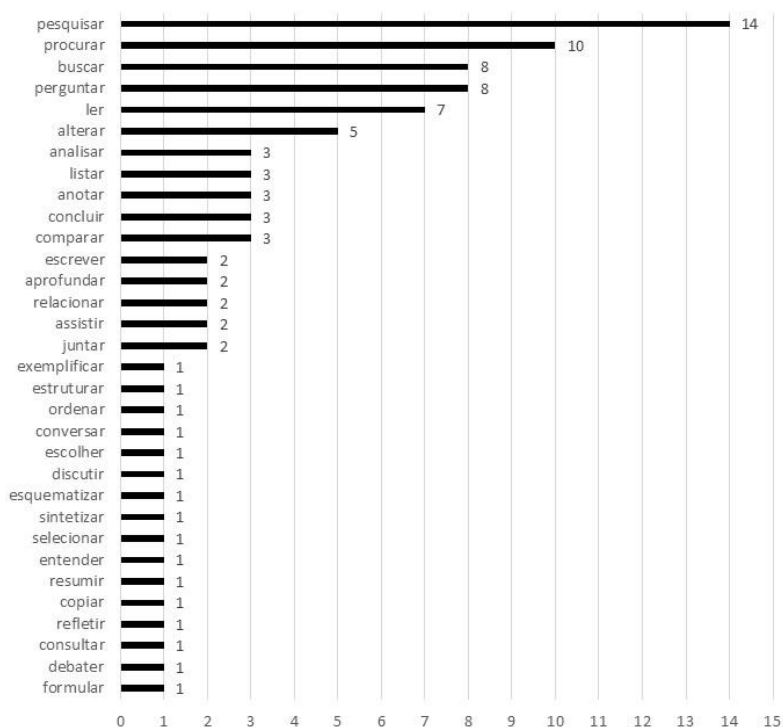
CAC: Eu comecei pelos conceitos básicos de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Arte. Comecei olhando pela **internet**. Primeiro fui pelo significado da palavra mesmo, o que a palavra significa. E depois eu fui atrás de conceitos que abrangessem cada um dos tópicos. Aí fui **lendo, pesquisando**, algumas coisas eu tive dúvida e não consegui, na verdade, **juntar** com o real significado da palavra. Mas, assim, até onde eu fui **pesquisando** eu consegui achar umas coisas, assim, que eu achei mais importante, que eu achei que detalhariam mais o que é cada palavra e... foi mesmo só através da **leitura**, não precisei assistir vídeos, nem entrevistas com ninguém.

GAP: Então, eu só fiquei em dois **livros**. Aí o resto eu peguei tudo da **internet**. **Pesquisei** na **internet**. *Entrevistador: Certo. E aí quando você pegou esses conceitos, de que forma você procedeu para fazer a análise?* GAP: Então, aqui eu fiz o seguinte, eu fui **copiando** os conceitos né. **Copiei** cada um. Depois eu li, fui... e fui procurando o... por exemplo, tem uma parte que é igual a essa, assim. Eu fui colocando a parte de um, depois uma parte de outro. Uma coisa que era diferente de outra, eu fui colocando, fui **juntando**. Daí tem algumas coisas que eu fui **mudando**, né, porque lá não ficou bom né, aí eu fui trocando de palavra, fui procurando sinônimo, né, que dizer, vai repetindo né.

Dos recortes desse tema principal extraíram-se os índices (as ações em negrito) para as tarefas realizadas (enunciadas) e apresentadas na Figura 3, mostrando os seus tipos. Dos 138 índices encontrados, indenficaram-se 45 como redundantes numa análise intraindividual. Dos 93 índices restantes, desconsiderando-se repetições interindividuais, finalmente obtiveram-se 32 tipos de tarefas realizadas pelos participantes.



Figura 3 – Tipos de tarefas realizadas enunciadas pelos participantes.



Dos 32 tipos de tarefas, aquelas que apresentaram maior quantidade de índices (representando 56% do total) foram as seguintes: ‘pesquisar’, ‘buscar’, ‘procurar’, ‘perguntar’, ‘ler’ e ‘alterar’. É importante ressaltar que esses tipos de tarefas não podem ser considerados mais importantes que as outras; mas a frequência de sua ocorrência no discurso dos estudantes sugere que há uma tendência para tipos de tarefas que são mais práticos ou tangíveis (com exceção de ‘alterar’) orientados para a incorporação de conteúdo no contexto específico da tentativa de explicar a relação entre os conceitos. Entretanto, a variedade de ações mais abstratas relacionadas à organização – ou o fazer sentido – de conteúdo é maior (tais como ‘alterar’, ‘analisar’, ‘resumir’, ‘sintetizar’, ‘formular’, ‘ordenar’, ‘conectar’, ‘relacionar’, ‘comparar’, ‘concluir’, ‘aprofundar’ ou ‘refletir’).

## 4.2 Definições

Esse tema principal consiste em informações fornecidas pelos participantes de seus entendimentos sobre as definições de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia em dois momentos distintos: inicialmente, com base em seu conhecimento prévio, proveniente de suas experiências pessoais (escola, leituras de revistas e *websites*, opiniões de amigos e parentes etc.); e posteriormente, com fundamentação teórica. Apresenta-se um recorte de cada conceito para ilustrar as mudanças no conhecimento conceitual dos participantes.

### Tentativa de definição de Ciência com base no conhecimento prévio (C1)

AFF: Tem a ver com **conhecimento científico** mais **racional**, hmm... um **tipo de conhecimento mais testado, experimentado** que seja bem... bem digamos **bem sólido**, assim bem... **bem racional**, digamos assim...

### Tentativa de definição de Ciência com fundamentação teórica (C2)

AFF: [...] a Ciência na verdade, tipo, é um **esforço** para **produzir uma descrição verdadeira da natureza**. Ou seja, ela pode **racionalizar, construir logicamente** e ela também **rejeita o subjetivo**. Que ela é **extremamente objetiva e impessoal**. E aí ela se... é **baseada em elementos concretos, de fatos observados e experimentados** [...].

A partir do estabelecimento de categorias comuns, surgidas a partir dos discursos dos estudantes – sendo estas: características ou qualidades ( $I_q$ ); finalidades ( $I_f$ ); resultados ( $I_r$ ); e, exemplificação ( $I_{ex}$ ) –, buscaram-se os índices, em termos de substantivos, verbos, locuções verbais ou outros fragmentos de frase, cujo sentido pudesse ser atribuído exclusivamente a cada uma das categorias. No caso da primeira definição de Ciência, realizada por AFF, os termos e expressões ‘conhecimento científico’, ‘racional/ bem racional’, ‘tipo de conhecimento mais testado’, ‘experimentado’ e ‘bem sólido’, indicam características ou qualidades ( $I_{q1}$ ).

Na Tabela 4, apresenta-se a quantificação dos índices encontrados na 1ª e 2ª Definição de Ciência (unidade temática).

Tabela 4 – Contagem dos índices sobre a 1ª e 2ª definição de Ciência.

ENT.	C1				C2				Total	
	I <sub>q1</sub>	I <sub>f1</sub>	I <sub>r1</sub>	I <sub>ex1</sub>	I <sub>q2</sub>	I <sub>r2</sub>	I <sub>r2</sub>	I <sub>ex2</sub>	C1	C2
ACS	0	2	0	0	0	1	1	0	2	2
AFF	5	0	0	0	4	4	0	0	5	8
CPU	2	0	1	1	0	5	3	0	4	8
FDG	2	2	1	1	4	4	0	0	6	8
GBR	1	2	0	0	6	0	0	0	3	6
IDE	3	3	0	0	3	0	0	0	6	3
LHM	1	1	0	1	4	2	0	0	3	6
LSR	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
*MCR	4	1	0	1	0	0	0	0	6	0
PGC	1	1	2	0	16	4	1	0	4	21
*TLS	2	1	0	1	0	0	0	0	4	0
CAC	1	4	1	0	4	0	0	0	6	4
*CAF	2	1	1	0	0	0	0	0	4	0
GAP	3	0	0	0	6	2	1	0	3	9
*GML	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0
MBA	7	0	0	0	8	2	0	0	7	10
MFP	1	0	0	0	5	0	0	0	1	5
MHS	2	1	0	0	10	5	2	0	3	17
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>72</b>	<b>108</b>

\* Procedeu apenas com a leitura de conceitos pesquisados (considerando-se, neste caso, zero para o cálculo de índices) ou ainda não havia pesquisado o conceito para a 2ª definição.

#### Tentativa de definição de Arte com base no conhecimento prévio (A1)

GAP: Arte eu não sei o que é (risos). *Entrevistador: Arte não faz nem ideia do que é?* GAP: Não faço ideia do que é. Eu lembro Arte do **quadro**, do **desenho**, por exemplo, agora está tendo a disciplina de desenho técnico. Acredito que é uma arte também, né? Tem a arte do **desenho**, dos **quadros**, mas eu não sei bem o que é Arte. Não sei definir o que é Arte. *Entrevistador: O que vem a sua mente quando você vê a palavra Arte.* GAP: Ah, vem um... todo **tipo de manifestação** assim que... que **expressa algum sentimento**. Alguma coisa assim que... alguma cultura, alguma... tipo uma dança, um... com é mesmo? Um

**quadro**, assim, que você olha nas profundezas, assim. Eu acredito que isso seja Arte né. Mas eu não... dar um conceito assim... Acho que nem essas três aqui que eu falei anteriormente é o que veio na minha cabeça.

### Tentativa de definição de Arte com fundamentação teórica (A2)

GAP: [...] Então, a Arte ela é... ela des... ela **tem aquele lado sensível do homem**, daí de olhar, de observar e de **poder colocar no mundo aquilo que ele sente**./ [...] Então, a Arte é esse... é esse **meio que o homem tem de ser sensível com as coisas**, ao mundo que ele vive e **poder expressar a sua opinião**. **Externar a sua opinião** para... seja numa **dança**, seja num **teatro**, seja numa **pintura**. **É tudo aquilo que o homem sente** né. Para **colocar aquilo que ele pensa**.

A partir do estabelecimento de categorias comuns, surgidas a partir dos discursos dos estudantes – sendo estas: características ou qualidades ( $I_q$ ); finalidades ( $I_f$ ); resultados ( $I_r$ ); e, exemplificação ( $I_{ex}$ ) –, buscaram-se os índices, em termos de substantivos, verbos, locuções verbais ou outros fragmentos de frase, cujo sentido pudesse ser atribuído exclusivamente a cada uma das categorias. No caso de GAP, na primeira definição para Arte, as expressões ‘tipo de manifestação’, ‘expressa algum sentimento’, e os termos ‘quadro/desenho’, indicam, respectivamente, atribuições de características ( $I_q$ ), finalidade ( $I_{f1}$ ) e exemplificação ( $I_{ex}$ ).

Na Tabela 5, apresenta-se a quantificação dos índices encontrados na 1ª e 2ª Definição de Arte (unidade temática).

Tabela 5 – Contagem dos índices sobre a 1ª e 2ª definição de Arte.

ENT.	A1				A2				Total	
	I <sub>q1</sub>	I <sub>fi</sub>	I <sub>ri</sub>	I <sub>ex1</sub>	I <sub>q2</sub>	I <sub>fi</sub>	I <sub>ri</sub>	I <sub>ex2</sub>	A1	A2
ACS	0	2	0	0	1	1	0	0	2	2
AFF	1	2	0	0	4	2	0	0	3	6
CPU	1	1	1	0	3	3	2	1	3	9
FDG	2	1	0	2	2	4	0	0	5	6
GBR	3	2	0	3	4	5	0	4	8	13
IDE	2	0	0	0	4	2	0	0	2	6
LHM	1	0	0	0	5	0	0	0	1	5
LSR	2	2	0	0	6	1	1	3	4	11
MCR	4	0	1	0	3	0	0	0	5	3
PGC	5	0	0	0	6	1	1	4	5	12
*TLS	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0
CAC	2	1	0	2	4	0	0	0	5	4
*CAF	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0
GAP	1	1	0	1	1	3	0	3	3	7
GML	1	0	0	0	5	1	0	3	1	9
MBA	5	0	0	0	2	0	0	0	5	2
MFP	1	0	0	0	4	2	0	0	1	6
MHS	2	0	0	0	7	0	0	0	2	7
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>61</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>60</b>	<b>107</b>

\* Procedeu apenas com a leitura de conceitos pesquisados para a 2ª definição (considerando zero para o cômputo de índices).

#### Tentativa de definição de Tecnologia com base no conhecimento prévio (T1)

FDG: [...] **o que a gente conseguiu usar de Ciência para colocar em prática e ter o desenvolvimento.**

#### Tentativa de definição de Tecnologia com fundamentação teórica (T2)

FDG: É... a **parte prática**. Enquanto a Ciência busca apenas entender e testar aquelas hipóteses, a Tecnologia **faz uma ideia funcionar**.

A partir do estabelecimento de categorias comuns, surgidas a partir dos discursos dos estudantes – sendo estas: características ou qualidades ( $I_q$ ); finalidades ( $I_f$ ); resultados ( $I_r$ ); e, exemplificação ( $I_{ex}$ ) –, buscaram-se os índices, em termos de substantivos, verbos, locuções verbais ou outros fragmentos de frase, cujo sentido pudesse ser atribuído exclusivamente a cada uma das categorias. No caso de FDG, as expressões ‘o que a gente conseguiu usar de Ciência’ e ‘colocar em prática’ indicam, respectivamente, atribuição de característica ( $I_{q1}$ ) e finalidade ( $I_{f1}$ ), e o termo ‘desenvolvimento’ indica atribuição de resultado ( $I_{r1}$ ).

Na Tabela 6, apresenta-se a quantificação dos índices encontrados na 1ª e 2ª Definição de Tecnologia (unidade temática).

Tabela 6 – Contagem dos índices sobre a 1ª e 2ª definição de Tecnologia.

ENT.	T1				T2				Total	
	$I_{q1}$	$I_{f1}$	$I_{r1}$	$I_{ex1}$	$I_{q2}$	$I_{f2}$	$I_{r2}$	$I_{ex2}$	T1	T2
ACS	1	2	0	0	5	1	0	0	3	6
AFF	3	0	0	0	1	2	0	0	3	3
CPU	1	3	0	0	1	2	0	0	4	3
FDG	1	1	1	0	1	1	0	0	3	2
GBR	2	0	0	1	3	0	0	4	3	7
IDE	2	2	4	0	3	1	0	0	8	4
LHM	2	0	0	0	1	1	0	0	2	2
LSR	1	3	1	0	4	1	0	3	5	8
MCR	1	1	1	0	2	1	0	0	3	3
PGC	2	1	1	0	5	2	1	1	4	9
*TLS	1	1	0	1	0	0	0	0	3	0
CAC	5	1	0	0	3	0	0	0	6	3
CAF	0	1	0	1	2	1	1	0	2	4
GAP	2	2	3	0	2	0	4	2	7	8
GML	4	1	0	0	1	1	1	0	5	3
MBA	2	0	0	1	7	5	0	0	3	12
MFP	1	0	0	1	2	1	0	0	2	3
MHS	1	0	0	0	4	1	0	0	1	5
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>46</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>67</b>	<b>85</b>

\* Procedeu apenas com a leitura de conceitos pesquisados para a 2ª definição (considerando zero para o cômputo de índices).

### Tentativa de definição de Engenharia com base no conhecimento prévio (E1)

MFP: [...] E Engenharia... é... todo um **planejamento**. É um **planejamento** para você **fazer algo**. Por exemplo, você tem um **problema** e daí, em cima da Engenharia você tenta solucionar aquilo com planejamento.

### Tentativa de definição de Engenharia com fundamentação teórica (E2)

MFP: Engenharia é a **profissão da pessoa que facilita técnicas**. Acho que é isso. É ela que **cria as tecnologias, as técnicas que facilitam o serviço de outros**. Ou para **criar alguma coisa para facilitar alguma coisa para outra pessoa**. Ou então, é para facilitar, entendeu?! É isso! Porque tem as... a Engenharia, a do lado de humanas também. É para isso. **Criar** para o benefício da necessidade... em **benefício da necessidade da humanidade**.

A partir do estabelecimento de categorias comuns, surgidas a partir dos discursos dos estudantes – sendo estas: características ou qualidades ( $I_q$ ); finalidades ( $I_f$ ); resultados ( $I_r$ ); e, exemplificação ( $I_{ex}$ ) –, buscaram-se os índices, em termos de substantivos, verbos, locuções verbais ou outros fragmentos de frase, cujo sentido pudesse ser atribuído exclusivamente a cada uma das categorias. No caso de MFP, o termo ‘planejamento’ indica a atribuição de característica ( $I_{q1}$ ); a expressão ‘fazer algo’ indica a atribuição de finalidade ( $I_{f1}$ ); e, o termo ‘problema’ indica a atribuição de exemplificação ( $I_{ex1}$ ).

Na Tabela 7, apresenta-se a quantificação dos índices encontrados na 1ª e 2ª Definição de Engenharia (unidade temática).

Tabela 7 – Contagem dos índices sobre a 1ª e 2ª definição de Engenharia.

ENT.	E1				E2				Total	
	I <sub>q1</sub>	I <sub>fl</sub>	I <sub>r1</sub>	I <sub>ex1</sub>	I <sub>q2</sub>	I <sub>l2</sub>	I <sub>r2</sub>	I <sub>ex2</sub>	E1	E2
ACS	1	3	1	0	1	0	0	0	5	1
AFF	4	0	0	0	1	1	0	0	4	2
CPU	1	2	0	0	0	5	3	0	3	8
*FDG	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0
GBR	2	0	0	0	3	5	1	0	2	9
IDE	2	3	0	1	0	5	2	0	6	7
LHM	2	0	0	0	1	0	0	0	2	1
LSR	2	0	0	0	0	1	0	0	2	1
MCR	1	2	2	0	1	1	0	0	5	2
PGC	1	0	0	0	7	3	0	0	1	10
*TLS	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0
CAC	2	1	0	0	1	0	0	0	3	1
CAF	1	0	0	0	1	1	0	0	1	2
GAP	1	0	0	0	2	4	1	0	1	7
GML	2	1	1	0	2	1	0	0	4	3
MBA	5	0	0	0	8	5	0	0	5	13
MFP	1	1	0	1	2	2	5	0	3	9
MHS	3	0	0	0	2	3	0	0	3	5
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>55</b>	<b>81</b>

\* Procedeu apenas com a leitura de conceitos pesquisados para a 2ª definição (considerando zero para o cômputo de índices).

No intuito de verificar se a variação na quantidade de informação declarada pelos participantes nos diferentes momentos – medida através dos índices agrupados nas categorias emergentes (Predicados, Finalidades, Resultados e Exemplificações) – poderia ser aleatória, aplicou-se o teste de Wilcoxon pareado. Na Tabela 8, apresentam-se os resultados do teste.



Tabela 8 – Variações dos índices nas definições.

<i>Pares</i>	<b>Teste de Wilcoxon</b>	
	<i>T<sup>r</sup></i>	<i>P-valor</i>
<b>Índices Definições</b>		
C1-C2	6.5*	0.0113
A1-A2	9*	0.0040
T1-T2	29.5	0.1559
E1-E2	42	0.1855

\*P-valor≤0.05

Os resultados mostram que as variações (em geral) são significativas somente para os conceitos de Ciência e Arte. De acordo com a maioria dos participantes, o material encontrado sobre os conceitos de Ciência e Arte apresentou maior variedade de visões e definições. Já, para a Tecnologia, apesar da quantidade de informação disponível, não exibiu grandes novidades. E, o material sobre Engenharia (conceito) foi pouco e repetitivo (além de estar estreitamente relacionado com Tecnologia).

Qualitativamente, conforme visto através dos recortes, os resultados mostram a tendência que os participantes tiveram em organizar e estruturar as informações para as definições. No caso de AFF, houve dificuldades em precisar e organizar suas ideias quando buscou definir Ciência na primeira entrevista; já na segunda entrevista conseguiu fazê-los. O caso de FDG é similar para com a definição de Tecnologia. GAP é outro caso em que a dificuldade foi visível; embora começou dizendo que não sabia definir, com muita insistência conseguiu fazer algumas associações de objetos que reconhecia para inferir sobre uma definição de Arte. O caso de MFP ilustra as situações em que alguns participantes apresentaram não só alterações na precisão e organização das informações, mas também na mudança de seu conteúdo (por exemplo, a Engenharia passa a ser entendida de ‘planejamento’ para ‘facilitadora/criadora’).

Os resultados quantitativos, pelo menos para os conceitos de Ciência e Arte, subsidiam essas constatações qualitativas de que a manipulação de um número maior de informações realizadas pelos participantes é um indicativo do mecanismo de cognição em funcionamento.

### 4.3 Explicações

Esse tema principal consiste em informações fornecidas pelos participantes de seus entendimentos sobre as relações entre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia, em três momentos distintos.

Inicialmente, a partir do conhecimento prévio baseado em suas experiências pessoais, a maioria dos participantes em sua primeira tentativa, apresentou discursos vagos e confusos. Embora eles, intuitivamente, supusessem as relações entre os conceitos, a maioria não conseguiu articulá-los; mesmo quando solicitados a definir cada conceito de forma mais detalhada ou cuidadosa. Apenas poucos participantes conseguiram articular relações. Apresentam-se recortes da primeira explicação (primeira entrevista) para ilustrar as constatações provenientes das análises.

#### Primeira tentativa de explicação (conhecimento prévio)

GAP: Olha... Engenharia... eu... bom, eu... eu pensando aqui, **Engenharia ela depende da Tecnologia, Tecnologia depende da Ciência e todos esses três termos são Arte. É... eles são uma forma de... acredito que tudo, eles três são uma... são uma Arte.**

LSR: Então, a Engenharia foi o que eu falei, a **interseção... intersecção ou a ligação entre... ahn... entre a Arte, a Ciência e a Tecnologia. A Ciência vou ficar te devendo.** Mas a Arte... vai, como o exemplo do projeto, que você tem a **ideia de criar o projeto**, tornar aquilo concreto através da Tecnologia e da Ciência. A Ciência como eu coloquei, através das **pesquisas científicas**, enfim, da Ciência... Aí com o auxílio da Tecnologia, **proporcionar instrumentos favoráveis...** para o projeto, vamos dizer assim, com o auxílio da Tecnologia **ajudar no projeto...** [...] *Entrevistador: Você poderia citar um exemplo prático, então, envolvendo a relação desses conceitos e a Engenharia?* LSR: [...] um engenheiro civil **projetar uma ponte**. Vai ter a **Arte da criatividade...** criar, ter a ideia da ponte. Com a **Tecnologia vai vir com os instrumentos** para fazer a ponte. **Os melhores instrumentos para construir a ponte.** E a **Ciência vai estar voltada lá atrás com as pesquisas** (risos).

FDG: Eu acho que para **dar base**. Como eu já te falei, da Ciência para... **pelo meio do que é conhecido da Física, Mecânica, Química tornar algo viável, no sentido real mesmo.** De um **projeto** que eu elaborei, ele **poder ser construído de fato.** E **não fica só no papel** como uma ideia louca. A Arte para **pensar em uma coisa que ninguém tenha feito.** E a Tecnologia para **executar...** mais a **parte prática.** A teoria da Ciência, a **inovação** da Arte e **execução** pela Tecnologia. *Entrevistador: Pode me dar um exemplo?* FDG:

Uma ponte, mais na área de civil né. Que a pessoa usou a **Física** lá para **calcular quanto de massa** que ia ter que ter, a resistência **para suportar o peso**. A Tecnologia precisou de alguma coisa que foi criada também pela Ciência para **poder construir aquilo**, com arco, não sei. E a Arte para **innovar** porque, ninguém faz todas as pontes do mundo, não são iguais. **Cada uma é de um jeito diferente**. Então acho que para isso, para **diferenciar e para tornar algo não só funcional, mas visualmente agradável**.

Na segunda tentativa em explicar (segunda entrevista), os participantes demonstraram uma melhor articulação entre os conceitos; alguns deles também trouxeram definições da literatura para a discussão (eles foram avisados na entrevista anterior que poderiam trazer o material pesquisado). A maioria persistiu na intuição inicial sobre as principais características de cada conceito e consequentemente sobre as relações entre eles, com algum refinamento e variação; como eles indicaram, isso foi porque os argumentos encontrados em outras definições não foram fortes o suficiente para que pudessem mudar suas concepções.

Algumas explicações continuaram vagas e os participantes reportaram dúvidas devido a informações ambíguas e contraditórias entre as fontes consultadas. Quando auxiliados durante a entrevista, por meio de questionamentos, os participantes conseguiram articular suas explicações de forma mais esclarecedora, e a coerência discursiva, em geral, melhorou (ver Tabela 11, p.106). Apresentam-se recortes da segunda explicação (segunda entrevista) para ilustrar as constatações provenientes das análises.

### Segunda tentativa de explicação (com fundamentação teórica)

LSR: [...] Tecnologia eu relatei a **Ciência e a Engenharia**, que **envolve os métodos e técnicas** e que visam **solucionar um problema**. Entendeu? Com a **ajuda da Ciência e da Engenharia**, surge a Tecnologia. Eles se **ligam** aí. Tem uma **relação para desenvolver métodos para solucionar os problemas do cotidiano do ser humano**. Já no... e a Ciência **depende da Tecnologia**, como eu citei... eu citei aqui... que ela está **intimamente ligada com a Tecnologia**, porque os **grandes avanços da Ciência são alcançados através do desenvolvimento de novas tecnologias**. Então, quer dizer, para a Ciência desenvolver, **precisa da Tecnologia, para melhorar o que já existe**. Entendeu? E a Arte também está **relacionada com a Engenharia** através da **criatividade**, [...] com a **inovação**, enfim... A criatividade dentro da Engenharia... não que esteja... é, também **pode estar ligada à Tecnologia**. **Criatividade né! Ideia!** E a Arte para mim é isso, **criatividade, ideia de criar algo novo**.

FDG: [...] acredito que a... a Arte vem com a **inspiração** para **deixar um projeto perfeito** no que for possível pra ele **suprir toda a necessidade da humanidade**, utilizando a Tecnologia para **fazer** e a Ciência para **entender como fazer**, tanto a **forma melhor** e com **menos uso de recurso**, tanto natural quanto financeiro.

Na Terceira tentativa para explicar (terceira entrevista), a maioria dos participantes articulou um raciocínio similar, focando nas principais características de cada conceito como referência para estabelecer as relações (ver Tabela 12, p.112). A coerência discursiva melhorou (ver Tabela 11, p.106).

Alguns deles (FDG e MFP) se moveram da manipulação das principais características para a extensão dos conceitos. Entretanto, outros poucos participantes (CAC e MHS) reverteram para um conteúdo discursivo confuso e vago, similar a suas primeiras explicações. Apresentam-se recortes da terceira explicação (terceira entrevista) para ilustrar as constatações provenientes das análises.

### Terceira tentativa de explicação (com fundamentação teórica)

GAP: [Baseia-se nas anotações] Conclusão. Diante do que foi proposto conclui-se que é possível estabelecer uma relação entre os conceitos, o de **Engenharia está relacionado com a criação, com Arte**, né, ou seja, trata-se de um **processo artístico**. Para que o engenheiro consiga **realizar as funções com qualidade** é necessário que este domine o **conhecimento científico, Ciência** né, relacionado com determinada área de atuação. Engenharia Elétrica, Engenharia... qualquer ramo de atuação... para **desenvolver novas tecnologias**, que serão **utilizadas para a sociedade**.

LSR: A **Ciência se relaciona com a Engenharia através de estudos e conhecimentos**, é... através de estudos e conhecimentos **com base em princípios teóricos**. E a **prática desses estudos, desses conhecimentos é através da Tecnologia. A prática da Ciência é a Tecnologia**. Como... como é que vai ser a prática disso? Desses estudos? Vai ser para... na... **no desenvolvimento, na elaboração de novos equipamentos e máquinas, computadores, robôs, enfim... para melhorar a produtividade, para melhorar a qualidade de determinado produto ou até mesmo para solucionar algum problema... algum problema, enfim... em geral, independentemente da área da Engenharia** que estamos falando. Entendeu? E através, tipo, **através do desenvolvimento da Ciência, se desenvolve também a Tecnologia**, porque **um depende do outro**. E é claro, **essa solução desses problemas também vai ser relacionado com a Arte**. A Arte tem, é... é criado pelo ser humano, enfim, tem todo esse lado do sentimento, de ser parcial... cada um né, tem uma visão diferente de Arte, enfim... mas **na Engenharia**, ela... ela... ela é **aplicada com a**

**criatividade. Como é aplicada na criatividade? [...]... na Engenharia você aplica os conceitos de... os conhecimentos matemáticos, teóricos, científicos e essas aplicações... não, esses conhecimentos são aplicados na criação, que é a criatividade. Como? Na solução de problemas. De ideias! [...] Através da solução de problemas, nas ideias para... para a Tecnologia, vai... no caso da Tecnologia, [...] para a elaboração de novos equipamentos. A ideia, de repente, de solucionar um problema na área de atuação da Engenharia. Essa é a ideia da criatividade, na Arte, na Engenharia. Como pode ser um exemplo também no projeto, no desenvolvimento de um projeto. [...] A Ciência vem com o estudo, a Tecnologia vem com a prática e a Arte vem com a criatividade, com a ideia, entendeu? Para solucionar esse problema.**

FDG: **É, lendo mais um pouco, eu cheguei à conclusão de que não importa tanto a definição de cada um. Sim, porque elas, a definição envolve o que cada uma vai fazer né, dentro da Engenharia, mas para... a relação que existe entre elas não é importante a definição. A Engenharia tem uma relação de dependência com Ciência, Arte e Tecnologia. As vezes não com as três, mas sempre duas. Pelo menos duas têm que estar interligadas para... alguma, algum projeto de Engenharia ser executado. Então, a Engenharia necessita da Arte, da Ciência e da Tecnologia. Da Tecnologia para fazer, da Arte para criar e da Ciência para conhecer. Entrevistador: E como é que você chegou a essa conclusão? Digamos assim, ah... de colocar no segundo plano essas definições para trazer essa relação entre as três para a Engenharia.** FDG: **Sim. Porque assim como... para definir cada uma, usou essa palavra de ‘conhecer’ para Ciência, ‘criar’ para Arte e ‘fazer’ para Tecnologia, a definição de cada uma não mexia nessa palavra. Mesmo que alguma outra definição para Ciência fosse diferente, organização das ideias e tal, o objetivo dela dentro da Engenharia e dela como... como Ciência mesmo, alheia à Engenharia, é conhecer, é entender as coisas. E da Arte e da Tecnologia, consequentemente a mesma coisa. Não, a... uma definição diferente não muda esse conceito. Sim, acho que é isso. Eu pensei bem mais do que eu li. Com base naqueles conceitos que eu já tinha trazido na aula passada (Entrevista 2), e eu comecei a pensar mais... entre eles e aí foi que eu cheguei a essa conclusão de que a definição tinha alguma diferença, mas não importava tanto, porque a finalidade sempre ia ser a mesma.**

A partir do estabelecimento de categorias comuns, surgidas a partir dos discursos dos estudantes – sendo estas: (i) Geral (características mais gerais sobre a relação entre os conceitos); (ii) Ciência (C); (iii) Arte (A); (iv) Tecnologia (T), (v) Engenharia (E); (vi) Ciência para com a Arte ( $C \rightarrow A$ ); (vii) Arte para com a Ciência ( $A \rightarrow C$ ); (viii) Ciência para com a Tecnologia ( $C \rightarrow T$ ); (ix) Tecnologia para com a Ciência ( $T \rightarrow C$ ); (x) Ciência para com a Engenharia ( $C \rightarrow E$ ); (xi) Engenharia para com a Ciência ( $E \rightarrow C$ ); (xii) Arte para com a

Tecnologia ( $A \rightarrow T$ ); (xiii) Tecnologia para com a Arte ( $T \rightarrow A$ ); (xiv) Arte para com a Engenharia ( $A \rightarrow E$ ); (xv) Engenharia para com a Arte ( $E \rightarrow A$ ); (xvi) Tecnologia para com a Engenharia ( $T \rightarrow E$ ); e, (xvii) Engenharia para com a Tecnologia ( $E \rightarrow T$ ) –, buscaram-se os índices, em termos de substantivos, verbos, locuções verbais ou outros fragmentos de frase, cujo sentido pudesse ser atribuído exclusivamente a cada uma das categorias. Com exceção da categoria ‘Geral’, cada categoria é subdividida em três: características ou qualidades ( $I_q$ ); finalidades ( $I_f$ ); e, resultados ( $I_r$ ).

No caso de FDG, na sua 1ª Explicação, a expressão ‘dar base’ indica a atribuição Geral (características mais gerais sobre a relação entre os conceitos); o termo ‘projeto’ indica atribuição à Engenharia (E); a expressão ‘poder construir aquilo’ indica a atribuição de Ciência para com a Tecnologia ( $C \rightarrow T$ ); as expressões ‘pelo meio do que é conhecido da Física, Mecânica, Química’, ‘tornar algo viável, no sentido real mesmo’, ‘poder ser construído de fato’, ‘não fica só no papel’, ‘calcular o quanto de massa’ e ‘suportar o peso’, e os termos ‘teoria’ e ‘Física’ indicam a atribuição da Ciência para com a Engenharia ( $C \rightarrow E$ ); os termos ‘inovação’ e ‘inovar’, e a expressão ‘pensar em alguma coisa que ninguém tenha feito’ indicam a atribuição da Arte para com a Engenharia ( $A \rightarrow E$ ); e, o termo ‘execução’ e a expressão ‘a parte prática’ indicam a atribuição da Tecnologia para com a Engenharia ( $T \rightarrow E$ ). Corresponde, portanto, ao registro de 16 índices, conforme apresentado no Apêndice H.

Da mesma forma que se realizou na seção sobre as Definições, a fim de verificar se a quantidade de informação ao longo das entrevistas foi aleatória – medida por meio dos índices agrupados nas categorias emergentes (Predicados de relação geral, Predicados, Finalidades, Resultados e Exemplificações) –, aplicou-se o teste de Wilcoxon pareado. Na Tabela 9, apresentam-se os resultados do teste.

Tabela 9 – Variação dos índices das explicações.

Teste de Wilcoxon		
<i>Pares</i>	$T^r$	<i>P-valor</i>
<b>Índices Explicações</b>		
1ªExp-2ªExp	63	0.8869
2ªExp-3ªExp	23	0.1239
1ªExp-3ªExp	37.5*	0.0382

\*P-valor $\leq$ 0.05

Os resultados mostram que as variações (em geral) são significativas somente entre a primeira e terceira explicação. Isso, possivelmente, deveu-se porque três participantes preferiram não manifestar suas explicações na segunda entrevista, deixando para a terceira entrevista.

Para avaliar o progresso no conhecimento conceitual contido no discurso dos participantes, utilizou-se a estrutura do Quadro 6 (p.86). A seguir, ilustra-se a avaliação da coerência discursiva realizada para os participantes, tomando-se como exemplo o recorte sobre a 1ª Explicação fornecido por GAP, da relação entre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia.

GAP: Olha... Engenharia... eu... bom, eu... eu pensando aqui, **Engenharia ela depende da Tecnologia, Tecnologia depende da Ciência e todos esses três termos são Arte. É... eles são uma forma de... acredito que tudo, eles três são uma... são uma Arte.**

Quanto ao parâmetro (i) ‘Não-contradição’, seu discurso foi avaliado como 0 (zero) ‘há contradições potenciais que torna a mensagem incompreensível para o receptor’ – justamente porque contraria a definição dada por GAP para cada um dos conceitos previamente. Quanto ao parâmetro (ii) ‘Não-tautologia’, seu discurso foi avaliado como 0 ‘há redundâncias potenciais que comprometem qualquer tipo de compreensão para o receptor da mensagem’. Quanto ao parâmetro (iii) ‘Relevância da Informação’, seu discurso foi avaliado como 0 ‘não houve informação ou acréscimo de informação potencialmente relevante para esclarecer a compreensão do receptor da mensagem’. Quanto ao parâmetro (iv) ‘Continuidade Temática’, seu discurso foi avaliado como 5 ‘não apresenta quebras temáticas potenciais’. Quanto ao parâmetro (v) ‘Progressão Semântica’, seu discurso foi avaliado como 2 para ‘emite ideias novas retornando aos elementos conceituais explicitados mas limita-se a repeti-los’.

Na Tabela 10, apresentam-se os resultados da avaliação sobre a coerência discursiva das explicações fornecidas pelos estudantes.





Constata-se que, da 1ª Explicação para a 3ª Explicação (em termos gerais), exceto no parâmetro de Progressão Temática que apresentou a mesma pontuação, há um aumento no grau de coerência das explicações fornecidas pelos estudantes (indicadas pelas setas verdes no canto inferior direito da Tabela 10). Com relação à 2ª Explicação, pelo fato de alguns estudantes terem preferido não manifestar tentativa para explicar, uma análise em termos absolutos das pontuações por parâmetro torna-se prejudicada.

No entanto, na tentativa de contornar esta dificuldade, buscou-se analisá-la sob o ponto de vista das proporcionalidades, a fim de aproveitar ao máximo as oportunidades de análise mesmo por esse artifício de aproximação (ou seja, somente os percentuais localizados na parte inferior central do gráfico foram calculados sobre os quinze estudantes que explicitaram suas tentativas de explicação; os demais, localizados na parte inferior esquerda e direita foram calculados sobre os dezoito estudantes). As setas em verde, que indicam comparações com a 1ª Explicação, acompanhando os valores absolutos na parte inferior das colunas centrais, somente aparecem para os parâmetros cujas pontuações dos estudantes que acabaram omitindo suas explicações não seriam suficientes a ponto de mudar o sentido da seta.

Quanto ao parâmetro ‘Não-contradição’, nota-se que na 1ª Explicação a pontuação final é de setenta e três em noventa, ou seja, cerca de 83% da pontuação possível. Na 2ª Explicação, a pontuação final é de sessenta e sete em setenta e cinco (89%). Na 3ª Explicação, a pontuação final é de setenta e oito em noventa (87%).

Quanto ao parâmetro ‘Não-tautologia’, nota-se que na 1ª Explicação a pontuação final é de cinquenta e um em noventa, ou seja, cerca de 51% da pontuação possível. Na 2ª Explicação, a pontuação final é de cinquenta e cinco em setenta e cinco (73%). Na 3ª Explicação, a pontuação final é de setenta e nove em noventa (88%).

Quanto ao parâmetro ‘Relevância de Informação’, nota-se que na 1ª Explicação a pontuação final é de vinte e um em noventa, ou seja, cerca de 23% da pontuação possível. Na 2ª Explicação, a pontuação final é de trinta e um em setenta e cinco (41%). Na 3ª Explicação, a pontuação final é de sessenta e cinco em noventa (72%).

Quanto ao parâmetro ‘Continuidade Temática’, nota-se que na 1ª Explicação a pontuação final é de noventa em noventa, ou seja, 100% da pontuação possível. Na 2ª Explicação, a pontuação final é de setenta e cinco em setenta e cinco (100%). Na 3ª Explicação, a pontuação final é de noventa em noventa (100%).

Finalmente, quanto ao parâmetro ‘Progressão Semântica’, nota-se que na 1ª Explicação, a pontuação final é de cinquenta e um em noventa, ou seja, cerca de 57% da pontuação possível. Na 2ª Explicação, a pontuação final é de cinquenta e quatro em setenta e cinco (72%). Na 3ª Explicação, a pontuação final é de setenta e oito em noventa (87%).

No intuito de se verificar se as variações exibidas nas pontuações para a coerência discursiva das explicações sobre a relação entre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia foram significativas (ou seja, não poderia ter sido atribuída a uma causa aleatória), aplicou-se às pontuações o teste de Wilcoxon. Na Tabela 11 apresentam-se os resultados.

Tabela 11 – Variação das pontuações na coerência discursiva.

Teste de Wilcoxon			Pontuações Coerência Discursiva		
<i>Pares</i>	<i>T<sup>+</sup></i>	<i>P-valor</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio</i>	
<b>Pontuações Coerência Discursiva</b>					
CD 1ªExp – CD 2ªExp	3*	0.0410	CD 1ªExp	6.36	1.65
CD 2ªExp – CD 3ªExp	19.5	0.0725	CD 2ªExp	7.57	1.89
CD 1ªExp – CD 3ªExp	1*	0.0005	CD 3ªExp	8.67	1.81

\*P-valor ≤ 0.05

Os resultados mostram que a variação nas pontuações (em geral) é significativa entre a primeira e a segunda e entre a primeira e a terceira explicações. Isso significa que houve aperfeiçoamentos no conhecimento dos estudantes.

Encontraram-se similaridades nas configurações dos discursos, possivelmente devido a um *modus operandi* compartilhado que caracterizou o raciocínio dos estudantes durante essa situação específica de aprendizagem conceitual. A seguir, seguem as descrições dessas configurações encontradas durante as entrevistas.

Para a 1ª Explicação encontraram-se 12 tipos diferentes de configurações em que todos os participantes explicitaram explicações; para a 2ª Explicação encontraram-se 10 tipos diferentes de

<sup>7</sup>Utilizou-se uma representação lógica com base na segunda edição da obra *Ensaio de Lógica Operatória*, de Piaget (1976/1949), que teve o seu simbolismo revisado pelo lógico Jean-Blaize Grize (com exceção do sinal ( $\Rightarrow$ ) que arbitrou-se para representar a implicação, diferenciando do sinal ( $\rightarrow$ ) para representar uma relação assimétrica de ordem entre dois elementos).

configurações em que quinze dos dezoito participantes explicitaram explicações; e, para a 3ª Explicação encontraram-se 10 tipos de configurações diferentes em que todos os participantes explicitaram explicações.

Na 1ª Explicação<sup>8</sup>, dos 12 tipos de configurações encontrados, obteve-se o seguinte:

- i. 3 estudantes apresentaram a configuração  $R = (A \rightarrow C \rightarrow T \rightarrow E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se por uma assimetria (Arte vem primeiro, depois Ciência, depois Tecnologia e por último Engenharia), tal como um processo.
- ii. 3 estudantes apresentaram a configuração  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia e Arte, que implica na Engenharia.
- iii. 3 estudantes apresentaram a configuração  $R = (C \cup T \cup A \cup E); (C \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia, respeitando-se uma assimetria (Ciência vem primeiro, depois Tecnologia, depois Arte e por último Engenharia).
- iv. 2 estudantes apresentaram a configuração  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E; (C \rightarrow A \rightarrow T)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia e Arte, que implica na Engenharia, respeitando-se uma assimetria (Ciência vem primeiro, depois Arte e por último Tecnologia).
- v. 2 estudantes apresentaram a configuração  $R = (C \cup T \cup A \cup E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia.
- vi. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \rightarrow T \rightarrow E) \cup A$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica de Arte com a assimetria entre Ciência, Tecnologia e Engenharia (respeitando-se esta ordem).

---

<sup>8</sup>Na 1ª Explicação, como 2 estudantes (GBR e LHM) apresentaram dois tipos de configurações diferentes durante a entrevista, totalizaram-se 20 explicações ao invés de 18.

- vii. 1 estudante apresentou a configuração  $R = N \Rightarrow (C \cup T \cup A \cup E)$ , em que a relação entre os conceitos se deu a partir de uma necessidade que implica na adição lógica entre Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia.
- viii. 1 estudante apresentou a configuração  $R = N \Rightarrow (C \cup T \cup A \cup E): (C \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow E)$ , em que a relação entre os conceitos se deu a partir de uma necessidade que implica na adição lógica entre Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia, respeitando-se uma assimetria (Ciência vem primeiro, depois Tecnologia, depois Arte e, por último, Engenharia).
- ix. 1 estudante apresentou a configuração  $R = \emptyset$ , ou seja, não foi possível identificar algum tipo de relação entre os conceitos.
- x. (um) estudante apresentou a configuração  $R = (T \cup C) \leftrightarrow A \Rightarrow E: C \leftrightarrow A, T \leftrightarrow A, E \leftrightarrow A$ , em que a relação caracterizou-se por uma simetria entre Arte e a adição lógica de Tecnologia e Ciência, que implica na Engenharia, considerando-se que Ciência é simétrica à Arte, Tecnologia é simétrica à Arte e Engenharia é simétrica à Arte.
- xi. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \rightarrow T \rightarrow E): (C \leftrightarrow A), (T \leftrightarrow A), (E \leftrightarrow A)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se por uma assimetria entre Ciência, Tecnologia e Engenharia (respeitando-se esta ordem), considerando-se Ciência simétrica à Arte, Tecnologia simétrica à Arte e Engenharia simétrica à Arte.
- xii. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (A \supset C \supset T) \cup (A \supset E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela soma lógica da inclusão de Tecnologia em Ciência e esta em Arte, com a inclusão da Engenharia em Arte.

Na 2ª Explicação, dos 10 tipos de configurações encontrados, obteve-se o seguinte:

- i. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (A \rightarrow C \rightarrow T) \Rightarrow E$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se por uma assimetria (Arte vem primeiro, depois Ciência e por último Tecnologia), que implica na Engenharia.

- ii. 5 estudantes apresentaram a configuração  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia e Arte, que implicam na Engenharia.
- iii. 1 estudante apresentou a configuração  $R = ((C \cup E) \Rightarrow T) \cup A: (T \leftrightarrow C)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica de Arte com a adição lógica de Engenharia e Ciência que implica na Tecnologia, considerando-se que Tecnologia é simétrica à Ciência.
- iv. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \cup T \cup A \cup E): (C \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow E)$ , em que a relação entre os conceitos caracteriza-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia, respeitando-se uma assimetria (Ciência vem primeiro, depois Tecnologia, depois Arte e por último Engenharia).
- v. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E: T = A = C = E$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia e Arte, que implica na Engenharia, considerando-se que Tecnologia é igual a Arte, Arte é igual a Ciência e Ciência é igual a Engenharia.
- vi. 2 estudantes apresentaram a configuração  $R = \emptyset$ , ou seja, não foi possível identificar algum tipo de relação entre os conceitos.
- vii. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (A \supset C \supset T) \cup (A \supset E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela soma lógica da inclusão da Tecnologia em Ciência e esta em Arte, com a inclusão da Engenharia em Arte.
- viii. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \cup T \cup A \cup E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia.
- ix. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \cup T) \Rightarrow E$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência e Tecnologia, que implica na Engenharia.
- x. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (p \vee q \vee r \vee s \vee t \vee u \vee v): p = (A \cup C \cup T \cup E), q = (C \cup T \cup E), r = (T \cup A \cup E), s = (C \cup A \cup E), t = (C \cup E), u = (A \cup E), v = (T \cup E)$ , em que a relação entre os conceitos

caracterizou-se por uma combinatória da soma lógica entre a Engenharia e os demais conceitos, ou da Engenharia e os demais conceitos tomados dois a dois, ou da Engenharia com cada um dos conceitos.

Na 3ª Explicação, dos 10 tipos de configurações encontrados, obteve-se o seguinte:

- i. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (A \rightarrow C \rightarrow T) \Rightarrow E$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se por uma assimetria (Arte vem primeiro, depois Ciência e por último Tecnologia), que implica na Engenharia.
- ii. 8 estudantes apresentaram a configuração  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia e Arte, que implicam na Engenharia.
- iii. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \cup T \cup A \cup E): (C \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia, respeitando-se uma assimetria (Ciência vem primeiro, depois Tecnologia, depois Arte e por último Engenharia).
- iv. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (A \rightarrow C \rightarrow T \rightarrow E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se por uma assimetria (Arte vem primeiro, depois Ciência, depois Tecnologia e por último Engenharia), tal como um processo.
- v. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \cup T \cup E \cup A) \Rightarrow P$ , em que a relação caracterizou-se pela soma lógica entre Ciência, Tecnologia, Engenharia e Arte, que implica num produto.
- vi. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E: (C \rightarrow A \rightarrow T)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia e Arte, que implica na Engenharia, respeitando-se uma assimetria (Ciência vem primeiro, depois Arte e por último Tecnologia).
- vii. 2 estudantes apresentaram a configuração  $R = (C \cup T \cup A \cup E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-

- se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia.
- viii. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (A \supset C \supset T \supset E): (A \leftrightarrow E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela inclusão da Engenharia em Tecnologia, da Tecnologia em Ciência e esta em Arte, considerando-se uma simetria entre Arte e Engenharia.
- ix. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (p \vee q \vee r \vee s \vee t \vee u \vee v): p = (A \cup C \cup T \cup E), q = (C \cup T \cup E), r = (T \cup A \cup E), s = (C \cup A \cup E), t = (C \cup E), u = (A \cup E), v = (T \cup E)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se por uma combinatória da soma lógica entre a Engenharia e os demais conceitos, ou da Engenharia e os demais conceitos tomados dois a dois, ou da Engenharia com cada um dos conceitos.
- x. 1 estudante apresentou a configuração  $R = (p \vee q \vee r \vee s) \Rightarrow E: p = (A \cup T), q = (A \cup C), r = (T \cup C), s = (A \cup C \cup T)$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se por uma combinatória da soma lógica entre os conceitos de Ciência, Arte e Tecnologia, ou tomados dois a dois, que implica na Engenharia.

Na Tabela 12, apresenta-se o resumo das configurações encontradas.

Tabela 12 – Configurações encontradas nas explicações dos participantes das relações entre os conceitos de Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia.

Part.	1 <sup>o</sup> Exp.	2 <sup>o</sup> Exp.	3 <sup>o</sup> Exp.
ACS	$R = (A \rightarrow C \rightarrow T \rightarrow E)$	$R = (A \rightarrow C \rightarrow T) \Rightarrow E$	$R = (A \rightarrow C \rightarrow T) \Rightarrow E$
AFF	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$
CPU	$R = (C \cup T \cup A \cup E); (C \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow E)$	$R = (C \cup T \cup A \cup E); (C \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow E)$	$R = (C \cup T \cup A \cup E); (C \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow E)$
FDG	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$	$R = (p \vee q \vee r \vee s) \Rightarrow E; p = (A \cup T), q = (A \cup C), r = (T \cup C), s = (A \cup C \cup T)$
GBR	$R = (A \rightarrow C \rightarrow T \rightarrow E)$ $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E; (C \rightarrow A \rightarrow T)$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$	$R = (C \cup T \cup E \cup A) \Rightarrow P$
IDE	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E; (C \rightarrow A \rightarrow T)$	$R = -$	$R = (C \cup T \cup A \cup E)$
LHM	$R = (C \rightarrow T \rightarrow E) \cup A$ $R = (A \rightarrow C \rightarrow T \rightarrow E)$	$R = -$	$R = (A \rightarrow C \rightarrow T \rightarrow E)$
LSR	$R = (C \cup A \cup T \cup E); (C \rightarrow A \rightarrow T)$	$R = ((C \cup E) \Rightarrow T) \cup A; (T \leftrightarrow C)$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$
MCR	$R = N \Rightarrow (C \cup T \cup A \cup E); (C \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow E)$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$
PGC	$R = \emptyset$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$	$R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$

Continua...



Continuação...

Part.	1ªExp.	2ªExp.	3ªExp.
...			
TLS	$R = (CUTUAUE): (C \rightarrow A \rightarrow T)$	$R = \emptyset$	$R = (CUTUAUE)$
CAC	$R = (CUTUA) \Rightarrow E$	$R = (CUTUA) \Rightarrow E: T = A =$ $C = E$	$R = E = (CUTUA): (A \rightarrow C \rightarrow T)$
CAF	$R = (TUC) \leftrightarrow A \Rightarrow E: C \leftrightarrow A, T \leftrightarrow$ $A, E \leftrightarrow A$	$R = \emptyset$	$R = (CUTUA) \Rightarrow E$
GAP	$R = (C \rightarrow T \rightarrow E): (C \leftrightarrow A), (T \leftrightarrow$ $A), (E \leftrightarrow A)$	$R = -$	$R = (CUTUA) \Rightarrow E$
GML	$R = (CUTUAUE)$	$R = (CUTUAUE)$	$R = (CUTUA) \Rightarrow E$
MBA	$R = (A \supset C \supset T) \cup (A \supset E)$	$R = (A \supset C \supset T \supset E)$	$R = (A \supset C \supset T \supset E): A \leftrightarrow E$
MFP	$R = N \Rightarrow (CUTUAUE)$	$R = (p \vee q \vee r \vee s \vee t \vee u \vee v): p =$ $v): p = (A \cup CUTUE), q = (C \cup$ $TUE), r = (T \cup AUE), s = (C \cup$ $AUE), t = (CUE), u = (A \cup$ $E), v = (TUE)$	$R = (p \vee q \vee r \vee s \vee t \vee u \vee v): p =$ $(A \cup CUTUE), q = (CUTU$ $E), r = (T \cup AUE), s = (C \cup A \cup$ $E), t = (CUE), u = (AUE), v =$ $(TUE)$
MHS	$R = (CUTUAUE)$	$R = (CUT) \Rightarrow E$	$R = (CUTUA) \Rightarrow E$

### Legenda:

( $\rightarrow$ ) Relação de ordem assimétrica. ( $\cup$ ) adição. ( $\Rightarrow$ ) implicação. ( $\supset (p, q, r, t, u, v)$ ) proposições) inclusão.  
 ( $\leftrightarrow$ ) relação simétrica. ( $\vee$ ) conjunção proposicional. ( $\emptyset$ ) vazio. ( $-$ ) não manifestou explicação.

Notou-se, por meio da Tabela 12, que da 1ª Explicação para a 2ª Explicação, e desta para a 3ª Explicação, houve, respectivamente 3, 5 e 8 participantes, cujas explicações assumiram a configuração  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$ , em que a relação entre os conceitos caracterizou-se pela adição lógica entre Ciência, Tecnologia e Arte, que implicam na Engenharia. Ou seja, houve uma tendência para a concentração em determinadas configurações ao longo das três entrevistas.

Apesar de não se ter configurado tendência, a presença de sua configuração assume caráter relevante sob a perspectiva da Epistemologia Genética, porque indica o funcionamento de uma modalidade de raciocínio caracterizado por um poder de manipulação generalizadora maior que o anterior. As explicações de dois participantes (MFP a partir da 2ª Explicação e FDG na 3ª Explicação) apresentaram uma configuração em que a relação entre os conceitos é tratada por uma combinatória (embora se restringiram a enunciar proposições sem buscar, empiricamente, algum meio de verificar sua veracidade).

A diferença básica da explicação desses dois estudantes para os demais é que, ao contrário dos demais, cujas explicações apresentaram-se num patamar intraproposicional, FDG e MFP demonstraram progressos de conseguir dar um passo além; uma vez atingido certo grau de compreensão (de ordem qualitativa) sobre os conceitos, num patamar intraproposicional, passaram a abdicar do aspecto qualitativo (diga-se, dissociar o conteúdo dos objetos de conhecimento) para manipular a sua extensão (de ordem quantitativa), num patamar interproposicional.

Descritas as configurações evidenciadas nos *modi operandi* dos participantes em suas explicações, apresentam-se algumas análises, a título de exemplificação.

Analisando-se os recortes para o participante GAP, o seu *modus operandi* foi inicialmente confuso. Conforme visto na Tabela 6, seu raciocínio teve a seguinte configuração:  $R = (C \rightarrow T \rightarrow E): (C \leftrightarrow A), (T \leftrightarrow A), (E \leftrightarrow A)$ . Ou seja, GAP viu a relação entre os conceitos como uma cadeia de dependências, mas também viu os conceitos como um só simultaneamente; o que é incoerente. Em sua terceira explicação, o raciocínio de GAP modificou para a seguinte configuração:  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$ , indicando uma relação de adição lógica (ou união) entre Ciência, Tecnologia e Arte, resultando na Engenharia.

Analisando-se os recortes da participante LSR, o seu *modus operandi* sofreu algumas modificações, mas sempre predominando uma adição lógica para a relação entre os conceitos; iniciou com uma adição

lógica sobre a relação entre os conceitos, respeitando-se certa ordem entre eles  $R = (C \cup A \cup T \cup E): (C \rightarrow A \rightarrow T)$ ; depois modificou a relação para uma adição lógica, com implicação e simetria subjacentes:  $R = ((C \cup E) \Rightarrow T) \cup A: (T \leftrightarrow C)$ ; e, finalizou com a adição lógica entre Ciência, Tecnologia e Arte para implicar em Engenharia:  $R = (C \cup T \cup A) \Rightarrow E$ . Esta última igual à GAP

O *modus operandi* de FDG foi inicialmente equivalente àquele atingido por GAP e LSR na última entrevista, mas a sua terceira entrevista atingiu a seguinte sofisticação em sua configuração:  $R = (p \vee q \vee r \vee s) \Rightarrow E: p = (A \cup T), q = (A \cup C), r = (T \cup C), s = (A \cup C \cup T)$ . Na terceira entrevista ele disse que as relações entre os conceitos estavam baseadas no requisito de que, pelo menos, dois deles (Ciência, Tecnologia e Arte) deveriam estar presentes para resultar em Engenharia. Ele justificou o raciocínio por perceber que cada conceito poderia ser representado por um elemento (verbo) que não variava nas definições pesquisadas.



## 5 DISCUSSÕES

Os resultados (resumidos na Tabela 11, p.106) corroboraram algumas das proposições teóricas formuladas na Tabela 3 (p.66), ao revelarem que a maioria dos participantes progrediu (obtendo uma pontuação crescente) na aprendizagem conceitual sob o delineamento orientado ao domínio humanista (ADAMS et al., 2011; LUNDHOLM e DAVIES, 2013); e, aplicando-se habilidades de pensamento crítico (DWYER, 2011) em situação pressupondo uma alta carga cognitiva (VAN MARRIËNBOER e SWELLER, 2005; SWELLER, 1988) – como aquelas envolvidas em questões profissionais na engenharia (BARTH et al., 2007; CNE, 2002; RUGARCIA et al., 2000).

A maioria dos participantes apresentou um raciocínio que foi se tornando gradativamente mais organizado e articulado, movendo-se de argumentos confusos, vagos e fragmentados para argumentos mais consistentes, conectados e esclarecedores, em direção a uma ‘grande ideia’ (*big picture*) sobre a relação entre os conceitos, a partir de uma ‘grande ideia’ sobre suas definições. De acordo com Bransford, Brown e Cocking (2000), essa estruturação conceitual viabiliza a transição de um *status* iniciante para um experiente.

No intuito de se compreender a viabilização dessa estruturação conceitual (pelo menos, parcialmente), orientam-se as discussões às proposições teóricas elaboradas na Tabela 3 (p.66), considerando-se três momentos interdependentes: o conhecimento dos participantes ao iniciar a atividade; o conhecimento dos participantes ao finalizar a atividade; e, as mudanças regulares produzidas ou transformações que atuaram entre um estado de comportamento e outro.

Das proposições teóricas elaboradas na Tabela 3 (p.66), sobre o conhecimento inicial dos participantes, houve convergência para dois eixos: equilíbrio (PIAGET, 1975/1976; 1977/1995) e *knowledge in pieces* (DISESSA, 1988; 2014; 2015; DISESSA e SHERIN, 1998; LEVRINI e DISESSA, 2008). Apresenta-se o comparativo na Tabela 13.

Caracterizou-se a configuração do conhecimento inicial dos participantes (tanto para as definições quanto para as explicações) entre ‘parcialmente estruturado e articulado no todo, mas coexistem partes consistentes (coesas e coerentes) e inconsistentes’ e ‘desarticulado e fragmentado no todo, ideias isoladas (tanto consistentes quanto inconsistentes)’. Cogita-se que a não confirmação das proposições teóricas elaboradas a partir dos eixos *theory-theory*, *ontological view* e *framework theory* – ‘estruturado e articulado no todo, mas coexistem partes consistentes e inconsistentes’ – deveu-se ao fato de o conteúdo

abordado pelos participantes apresentar um caráter de novidade para eles; a maioria comentou durante as entrevistas nunca ter parado para pensar de forma mais aprofundada sobre as definições dos conceitos ou mesmo imaginado que poderia haver relações entre certos conceitos (como por exemplo, Engenharia e Arte).

Tabela 13 – Caracterização do conhecimento inicial dos participantes com base nas proposições elaboradas a partir dos eixos teóricos.

Part.	Caracterização do conhecimento inicial				
	<i>1ª Definição</i>				<i>1ª Explicação</i>
	<b>Ciência</b>	<b>Arte</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Engenharia</b>	
<b>ACS</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	Eq
<b>AFF</b>	KiP	Eq	KiP	KiP	Eq
<b>CPU</b>	Eq	KiP	Eq	KiP	Eq
<b>FDG</b>	Eq	Eq	KiP	KiP	Eq
<b>GBR</b>	KiP	Eq	KiP	KiP	KiP
<b>IDE</b>	Eq	KiP	KiP	Eq	KiP
<b>LHM</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	KiP
<b>LSR</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	KiP
<b>MCR</b>	Eq	Eq	Eq	Eq	Eq
<b>PGC</b>	KiP	Eq	Eq	KiP	KiP
<b>TLS</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	KiP
<b>CAC</b>	Eq	Eq	KiP	KiP	KiP
<b>CAF</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	KiP
<b>GAP</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	KiP
<b>GML</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	KiP
<b>MBA</b>	Eq	Eq	KiP	KiP	Eq
<b>MFP</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	Eq
<b>MHS</b>	KiP	KiP	KiP	KiP	KiP

**Legenda: Equilíbrio (Eq); Knowledge in Pieces (KiP).**

Da proposição teórica elaborada na Tabela 3 (p.66), sobre o conhecimento final dos participantes, houve convergências para todos os eixos (uma vez que esse quesito é compartilhado de forma igual por todos eles). Ou seja, caracterizou-se a configuração final para a maioria dos participantes como ‘melhor estruturado e articulado no todo, mas ainda coexistem partes consistentes (coesas e coerentes) e inconsistentes’.

No entanto, a proposição não se confirmou para dois casos – CAC e MHS, conforme os resultados da avaliação na Tabela 10 (p.104),

com base nos recortes do Apêndice E –, em que os participantes não conseguiram demonstrar progressos em sua aprendizagem conceitual. Cogitam-se, pelo menos, duas possibilidades para essa não confirmação: ou esses participantes tiveram dificuldades em realizar ações que implicassem a identificação, sistematização e organização de informações no intuito de aprofundarem os conteúdos de conhecimento, ou ao notarem superficialmente que as características dos conteúdos de conhecimento eram compatíveis com as suas crenças, deram-se por satisfeitos por reconhecerem as suas próprias preconcepções nelas e não viram a necessidade para uma análise mais minuciosa, a fim de justificar seu posicionamento. As possibilidades aqui formuladas provêm de argumentações já consideradas pelos cinco eixos teóricos.

O ponto mais interessante das discussões diz respeito às sucessivas transformações ou mudanças que fazem com que um estado de conhecimento final se diferencie de seu inicial. Nesse sentido, das proposições teóricas elaboradas na Tabela 3, sobre as mudanças regulares produzidas, houve maior convergência para os mecanismos do eixo da equilibração. Para se chegar a essa conclusão, buscou-se comparar as explicações em pares, a fim de se avaliar qual poderia ser o tipo mais provável de mudança regular produzida. Apresenta-se na Tabela 14 (p.120) um comparativo.

Percebeu-se que a proposição 2 – ‘realização de operações (ordenações, classificações, relações, inferências)’ –, formulada a partir do eixo teórico da equilibração, confirmou-se nas comparações entre todos os pares de explicações. Houve também a confirmação da proposição 3 – ‘manipulação sobre extensões/generalizações a partir das qualidades internalizadas’ –, nas comparações dos pares de explicações para dois participantes (FDG e MFP). Para entender o porquê de se ter constatado que o eixo da equilibração melhor caracterizou as mudanças regulares produzidas, importa iniciar essa discussão pelas mudanças que **não** foram regulares – embora confirmadas pelas proposições formuladas a partir dos demais eixos.

Tabela 14 – Comparativo sobre os possíveis mecanismos de cognição atuantes nas mudanças produzidas evidenciadas nas explicações dos participantes.

Part.	Mudanças produzidas nas explicações											
	Configuração da 1ª Exp para 2ª Exp.						Configuração da 2ª Exp para 3ª Exp.					
	Eq	OV	TT	FT	KIP		Eq	OV	TT	FT	KIP	
ACS	2	4	8	10	12		2		8		11-12	
AFF	2				11		2				11	
CPU	2				11		2					
FDG	2				11		2-3					
GBR	2		8		11-12		2					
IDE	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	
LHM	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	
LSR	2		8				2				11	
MCR	2						2					
							-		-		-	

Continua...



Continuação...



Mudanças produzidas nas explicações													
Part.	Configuração da 1ªExp para 2ªExp.						Configuração da 2ªExp para 3ªExp.						Configuração da 1ªExp para 3ªExp.
	Eq	OV	TT	FT	KIP		Eq	OV	TT	FT	KIP	Eq	
PGC	-	-	-	-	-		2		8		11	-	-
TLS	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	2	11
CAC	2				11		2				11	2	11
CAF	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	2	
GAP	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	2	11-12
GML	2		8				2		8			2	8
MBA	2						2					2	
MFP	2-3		8		11		2-3				11	2-3	11
MHS	2				11		2				11	2	11

Legenda: Equilíbrio (Eq); Ontological View (OV); Theory-theory (TT);

Framework-theory (FT); Knowledge in Pieces (KIP)

Obs. A numeração corresponde às proposições da Tabela 3.

Somente para o caso de ACS, confirmaram-se as proposições teóricas formuladas a partir dos eixos *Ontological View* – proposição 4: ‘substituição de categorias (intra e inter)’ – e *Framework-Theory* – proposição 10: ‘elaboração de modelos de representação mental sintéticos’.

Mais especificamente, em sua primeira explicação, ACS adotou a representação de uma linha de produção para explicitar a relação entre os conceitos de Ciência, Arte Tecnologia e Engenharia.

ACS (R1): É... eu acho que faz tudo parte de uma linha de produção imaginária para se constituir em alguma coisa. Entendeu? É assim que eles se unem. Eles se... ajudam. A Arte cria, a Ciência testa, a Tecnologia faz e a Engenharia aplica. [...] É uma linha de produção. Uma linha de produção de conhecimento.

Na sua segunda explicação, no entanto, substituiu a representação da linha de produção para a mesa de jantar.

ACS (R2): Eu acreditava que a Engenharia, ela se encaixava no começo ou no final... da teórica linha de produção. Entende? Ela se encaixava em algum ponto, fazendo com que a trama lá do conhecimento funcionasse. Mas a trama do conhecimento só funciona quando você utiliza a palavra conhecimento. Entende? A Engenharia, teoricamente, é constituída das três... Entende? Da... Ela precisa da Arte, da Ciência, da Tecnologia para ter Engenharia. Não é que elas se completam. Entende? A Arte não precisa da Engenharia, mas a Engenharia precisa da Arte. E daí elas três, juntos, com outros conhecimentos dariam... agregam tudo para que a Engenharia torne-se Engenharia [...]. A Arte é a parte criativa que, teoricamente, começava as coisas, porque é de onde você tira as coisas. Da linha de produção você começava, e agora a Arte é a ‘entrada’. [...] A Ciência é onde você testa para ver se o... o que você vai fazer é verossímil, vai funcionar ou não. Tipo a Engenharia, vou ter que criar coisas funcionais. Não adianta se criar uma coisa que ninguém vai usar. [...] Mas enfim... E a agora a Ciência é o prato principal, porque se você não testar, você nunca vai chegar no final. Você vai ter que passar pela Ciência. E antes era a segunda parte da linha de produção. Agora tem a Tecnologia que é a sobremesa (risos)... [...] Que é material. Porque... ela que monta as coisas, entendeu? Ela é o peão da obra. Ela é peão da obra na linha de produção e agora ela é sobremesa. Ela é última parte, porque após você testar, porque após você ver se vai ter mercado, tudo mais, no final, você decide... se você vai montar, se vai ver o negócio funcionando. E após isso, eu imaginava ter uma quarta etapa... mas não tem! As coisas funcionam assim e tudo essa junção é a Engenharia. Só que, daí por isso que eu troquei da linha de produção para a mesa (de jantar).

Sob a perspectiva do eixo *Ontological View*, a mudança ocorrida de uma explicação para outra resultou de uma modificação na categorização da relação entre os conceitos: de um processo causal direto, onde existe uma relação de causa e efeito bem definida entre os elementos, para um processo emergente (CHI, 2005, 2013; CHI et al., 2012; CHI e ROSCOE, 2002).

Já sob a perspectiva do eixo *Framework-Theory*, a mudança ocorrida equivaleria à modificação de um modelo de representação mental para outro (VOSNIADOU, 2013; VOSNIADOU e BREWER, 1992). ACS em sua segunda explicação, apresentou um modelo diferente que na primeira explicação: da ‘linha de produção’ para a ‘mesa de jantar’. No entanto, na sua terceira explicação, apesar de substituir a metáfora da ‘mesa de jantar’ para a ‘trama do conhecimento’, ela ainda mostrou resquícios da coexistência do modelo de ‘linha de produção’. Ou seja, o que Vosniadou (2012, 2013) chamaria por modelo de representação mental sintético.

Confirmou-se algumas vezes a proposição teórica formulada a partir do eixo *Theory-Theory* – proposição 8: ‘enriquecimento de ideias’ –, como mostra o comparativo na Tabela 14. Um exemplo interessante foi o comparativo do par 1ª Explicação e 3ª Explicação de TLS.

Em sua primeira explicação, TLS estabeleceu um raciocínio superficial e inconsistente, que pareceu ser de uma situação cotidiana, sobre a relação entre os conceitos. Parece ser, por si só, um recorte de seu pensamento.

TLS (R1): Tinha lá alguém que precisava pregar alguma coisa e reparou que se enfiasse um trequinho de madeira, eles conseguiam. Ele pensou para fazer isso. Daí isso é a parte da Ciência. Aí depois ele... ele falou assim, ‘ah, ele não tá legal assim, vamos afinar e deixar a... a ponta dele mais redondinha’, aí isso foi a Arte, foi o design. Ele pensou um jeito de melhorar, de tornar mais belo. E a Tecnologia que também, se ficasse desse jeito... por exemplo, se fosse maior, ia encaixar melhor. Ia prender melhor. Aí ele aprimorou esse toquinho de madeira, esse fiapo de madeira que antes ele tinha enfiado lá para parar... sei lá, uma cadeira ou a mesa que ficava bamba.

Na sua terceira entrevista, no entanto, retornou com uma explicação mais estruturada e contextualizada, baseando-se em uma narrativa histórica de um romance literário.

TLS (R3): Tinha uma igreja na França e lá tinha uma grande... é, indústria têxtil, na região. E aí os monges queriam atrair mais gente para essa feira, para trazer mais dinheiro para o bolsinho deles e para crescer o lugar. Então eles

encomendaram a construção de uma catedral, que tinha que ser tão linda, tão maravilhosa, que todo o povo da França fosse até lá para ver. Só que tinha um problema. Naquela época, o... eles achavam que a parede toda sustentava o telhado, então não podia ter janelas. Então as construções eram pequenas e escuras. Não podia ver nada lá dentro, quase. E aí eles passaram por três engenheiros... engenheiros assim na época, né, que não era engenheiro. E, para tentar construir uma catedral com uma abóboda e cheio de vitrais. E o teto caiu diversas vezes e pegou fogo diversas vezes, por falha na construção, por falta de Tecnologia. Então, um dos engenheiros, ele viajou... ele foi para outra parte da França e ele teve contato com um livro de matemática. E aí ele, isso cinquenta anos depois do início da construção dessa catedral, porque a igreja existia antes. E aí ele conseguiu entender pelos cálculos matemáticos, quando ele estudou aquela ciência da matemática, como fazer para ter uma abóboda e como tirar a sustentação do... da parede para poder sustentar o teto. E eles fizeram maquetes. Ele tem todo o processo. [...] E, ele também era escultor. Então, eles queriam embelezar. Então, nessa parte, a Arte interferia na Engenharia. Porque se ele não precisasse embelezar, usasse tão belo, usasse tão ohh, só seria uma igreja normal como estava acostumando no tempo. Se não fosse a Tecnologia, não seria possível fazer a abóboda, tirar a sustentação e a Ciência porque ele foi atrás de livros é... sobre... não que ele foi atrás, mas se deparou com livros sobre o tema de matemática e física, e assim ele conseguiu desenvolver.

Sob a perspectiva do eixo *Theory-Theory*, a mudança ocorrida equivale à modificação por reestruturação fraca, via enriquecimento de ideias (CAREY, 1992; CAREY e SMITH, 1993).

Confirmaram-se algumas vezes as proposições teóricas formuladas a partir do eixo *Knowledge in Pieces* – proposição 11: ‘diversificação das estratégias de leitura de informações’ e proposição 12: ‘alterações (aditivas e supressivas) na rede de causalidades’ –, como mostra o comparativo na Tabela 14. A confirmação da proposição 11 foi mais recorrente que da proposição 12.

Algumas situações típicas, que indicaram a confirmação da proposição 11, ocorreram quando os participantes passaram a utilizar certos elementos ou exemplificações de uma entrevista para outra para auxiliar suas explicações. Cita-se o caso de GBR, que a partir da segunda explicação passou a usar o exemplo da ‘roda’. TLS, que abdicou do exemplo da cadeira, na primeira entrevista e passou a utilizar a narrativa sobre a construção de uma catedral, na terceira entrevista. ACS, que oscilou entre as metáforas de linha de produção, da mesa de jantar e da trama do conhecimento ao longo de suas explicações.

Algumas situações típicas, que indicaram a confirmação da proposição 12, ocorreram, quando os participantes apresentaram variações nas caracterizações sobre as relações de dependência mantidas

entre os conceitos, em suas explicações. Citam-se algumas situações e seguir.

ACS, quando migrou da caracterização do processo produtivo (em que a relação entre os conceitos é baseada por uma rede de causalidade ou dependência ordenada) para a mesa de jantar – da primeira para a segunda entrevista.

FDG, que alterou seu entendimento sobre a relação entre os conceitos como sendo a união de Ciência, Arte e Tecnologia para implicar em Engenharia, tanto na primeira quanto na segunda entrevista, para condicionar a existência da Engenharia a partir de uma combinatória dos outros três conceitos, tomados dois a dois, na terceira entrevista.

GAP, na primeira entrevista, ao mesmo que tempo que estabelece uma relação de dependência ordenada entre os conceitos e equivalência entre eles, altera seu entendimento na terceira entrevista, fazendo distinção entre eles e substituindo uma relação causal de dependência ordenada, por uma relação de existência mútua entre Ciência, Arte e Tecnologia para implicar na Engenharia.

Vistas essas situações, para as mudanças produzidas sob a perspectivas dos outros eixos, cabe retomar às discussões para o eixo da equilíbrio. O primeiro ponto a esclarecer se refere, então, ao fato de se ter atribuído a convergência da regularidade das mudanças produzidas a esse eixo. Como já previstas nas conclusões da seção do Quadro Teórico, as mudanças sob a perspectiva dos outros eixos se caracterizariam como refinamentos ou casos particulares da equilíbrio.

Ou seja, no âmbito de cada mudança produzida, prevista pelos demais eixos teóricos, seja por categorização, enriquecimento de ideias, mudanças de estratégias de leituras, alterações da rede de causalidades, elaboração de modelos sintéticos, houve algum tipo de operação realizada que lhe desse suporte – ordenação, classificação, relação, inferência e/ou generalizações/extensões das características dos objetos de conhecimento internalizadas. Outro ponto a esclarecer sobre essa atribuição para o eixo da equilíbrio, refere-se às características da atividade proposta para a aprendizagem conceitual.

Nas investigações sobre a aprendizagem conceitual de fenômenos naturais (na Física, Química, Biologia, Astronomia etc.), o conhecimento inicial dos estudantes, em termos de suas crenças, epistemologias e modelos mentais geralmente estão em desacordo com a concepção ontológica geral partilhada pelos membros de uma comunidade científica (CAREY e SMITH, 1993; CHI, 2013; CHI et al.,

1994; POSNER et al., 1982). As mudanças regulares produzidas deverão evidenciar, nesses casos, as sucessivas tentativas de se compreender o mesmo conteúdo, alterando-se o entendimento sobre a sua natureza.

Na atividade proposta aos estudantes, essa questão ontológica não foi o maior obstáculo; a natureza dos conceitos estudados (Ciência, Arte, Tecnologia e Engenharia) é entendida como uma entidade dual (concreta/abstrata) tanto pela literatura especializada (conforme os exemplos de definições retirados da literatura e apresentados no Quadro 2, p.72) quanto pelos participantes durante as entrevistas. No entanto, constatou-se que os maiores obstáculos estiveram associados a três aspectos: (i) as crenças que os estudantes tinham sobre esses conceitos – que muitas vezes não lhes permitiam avaliar outros pontos de vista (por exemplo: Ciência como pessoas de jaleco branco em laboratórios; Tecnologia como instrumentos e dispositivos físicos; Arte como quadros, esculturas e teatro; e, Engenharia como projetos e muitas contas complicadas); (ii) a escassez e superficialidade de seus conteúdos conceituais; e, (iii) a dificuldade em manipular (ordenar, classificar, diferenciar e/ou sintetizar) as características de cada conceito para relacioná-los.

Nota-se que desses aspectos identificados, os dois primeiros são considerados por todos os eixos (AMIN, SMITH e WISER, 2014; CAREY, 2011; CHI, 2013; DISESSA e SHERIN, 1998; VOSNIADOU, 2013; PIAGET, 1977/1995). No entanto, o aspecto relacionado às manipulações das características do objeto de conhecimento apresenta relação estreita tanto com a proposição 2 – ‘realização de operações (ordenações, classificações, relações, inferências)’ – confirmada em todos os participantes, e a proposição 3 – ‘manipulação sobre extensões/generalizações a partir das qualidades internalizadas’ – confirmada para dois deles. Se isso sugere que alguns tipos de dificuldades determinarão o tipo de mudança regular a ser produzida, acredita-se que essa é uma questão em aberto, cujas respostas necessitariam de investigações posteriores. Respostas que nenhum dos eixos teóricos parece oferecer no momento.

Retomando-se a questão da atividade proposta aos estudantes, passemos, então, à interpretação desenvolvida para explicar o progresso obtido pelos participantes em sua aprendizagem conceitual. Tomaremos como referência as três unidades contextuais que balizaram a análise de conteúdo: Definições, Tarefas e Explicações.

As definições pareceram funcionar como blocos de construções para o aprendizado conceitual dos estudantes e foram instrumentais para

o aperfeiçoamento de suas explicações. Entretanto, a incorporação de definições por si só não foi suficiente para formular explicações mais aperfeiçoadas. Mesmo os participantes que trouxeram suas anotações, contendo definições para cada conceito, não as reproduziram *ipsis litteris*; apenas as principais ideias ou a essência que importava a eles. Utilizaram as anotações somente para justificar seus posicionamentos com mais detalhes. Ou seja, não só a presença das definições, mas a interação dos participantes com as informações contidas nessas definições permitiu a extração, manipulação e coordenação das características percebidas.

De fato, essas características não estiveram totalmente representadas em nenhuma das definições fornecidas pelos participantes; ao invés, emergiram de suas elaborações. Mesmo quando havia proximidades entre definições – por exemplo, foi comum encontrar em dicionários sentenças confusas declarando que Ciência, Tecnologia ou Engenharia é a ‘arte’ de alguma coisa –, as inferências para aceitar ou não essa proximidade, ainda vinham do participante, como se observaram repetidas vezes durante as entrevistas.

Essas manipulações – em termos de classificações, ordenações ou inferências – estiveram subordinadas aos *modi operandi* que moldaram o raciocínio dos estudantes em suas explicações e, conseqüentemente, determinaram suas elaborações discursivas, conforme as configurações apresentadas na Tabela 12. Os *modi operandi* seriam os produtos ou resultados do mecanismo de cognição em funcionamento; esse mecanismo, por sua vez, seria parcialmente acionado e auxiliado através de importantes meios veiculadores: as ações ou tarefas que o indivíduo realiza.

Na Teoria de Equilibração (FURTH, 1969/1974; PIAGET, 1975/1976; 1977/1995; 1966/2008), as ações que o sujeito realiza são fundamentais na construção de seu conhecimento. No processo de aprendizagem conceitual, dentre os tipos de tarefas realizadas pelos participantes – conforme apresentados na Figura 3 (p.89) –, identificaram-se aquelas orientadas ambas à incorporação e à organização (ou o fazer sentido) de novos conteúdos. Observou-se que a frequência da primeira e a variedade da segunda foram maiores. A partir dessas informações, inferiu-se que os participantes dedicaram mais esforços na incorporação de novo conteúdo, talvez devido à carga cognitiva associada a essa novidade.

Essa inferência sugere que há implicações pedagógicas para o processo de aprendizagem conceitual: uma estratégia de ensino que induza e dê suporte ao equilíbrio entre a frequência e a variedade das

tarefas, orientadas tanto à incorporação quanto à organização de novos conteúdos, poderia auxiliar os estudantes no alcance de uma aprendizagem conceitual melhor estruturada que aquela obtida neste estudo.

Conforme visto na Tabela 2 (p.57) e na Tabela 3 (p.66), o mecanismo de cognição caracterizado a partir do eixo da equilibrção estaria representado pelas entidades psicológicas da tomada de consciência e da compreensão (PIAGET, 1975/1976); suas atividades representadas pelo processo de reflexionamento (PIAGET, 1977/1995); e, o seu princípio de funcionamento pelas regulações cognitivas – entre a assimilação-acomodação dos conteúdos de conhecimento e as estruturas internas (FURTH, 1969/1974; PIAGET, 1966/2008; 1967/1996).

Conforme já mencionado, ao se comparar essa caracterização com aquelas realizadas a partir dos eixos *Ontological View*, *Theory-Theory*, *Framework-Theory* e *Knowledge in Pieces*, entendeu-se que estas poderiam tratar de diversificações, ou, então, das especializações do mecanismo geral (como na metáfora do corpo com suas partes ou sistemas, órgãos, tecidos, células etc.); adotar uma ou outra perspectiva depende tanto do conteúdo da aprendizagem conceitual quanto das restrições impostas pelo enfoque dado ao seu funcionamento – por exemplo: regulações, coordenações, ontologias, epistemologias, modelos mentais, crenças, percepções etc..

Dessa forma, tomando-se essa perspectiva mais geral do mecanismo de cognição a partir do eixo de equilibrção, verificou-se que todos os participantes inicialmente funcionaram dentro da modalidade da abstração pseudo-empírica, primeiro extraindo características dos conceitos através de ações tais como ‘pesquisar’, ‘procurar’ e ‘ler’ e, então, extraindo características de suas próprias coordenações em operações tais como ‘ordenar’, ‘comparar’, ‘analisar’ e ‘concluir’, para construir argumentos sobre as relações entre os conceitos de Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia. Essa modalidade de estruturação foi universal para todos na primeira explicação (Tabela 12), e se manteve para a maioria dos estudantes até o final, com ligeiras modificações até chegar a uma equilibrção, caracterizada por um aperfeiçoamento em seu raciocínio – depois de vários ciclos de internalização conduzindo a correções, adições, diferenciações etc., no seu entendimento.

Entretanto, a partir da segunda explicação em diante, identificou-se que alguns participantes (FDG e MFP) começaram a empregar um *modus operandi* mais sofisticado, no qual, depois de um número



considerável de internalizações, eles passaram a operar dentro da modalidade da abstração refletida. Isso aconteceu somente quando esses participantes puderam reduzir a variabilidade nas definições para cada conceito ao perceberem características comuns fundamentais. Ao abdicarem da manipulação das qualidades dos conceitos, passando a manipular a sua extensão para alcançar uma explicação melhor estruturada sobre suas relações, abriu-se a possibilidade na continuidade de seus ciclos de internalizações num patamar de estruturação mais diferenciado e sofisticado do que aquele que estavam funcionando anteriormente.



## 6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo geral propor uma estrutura de avaliação pedagógica que permitisse a identificação de mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia. Formulou-se a questão central em termos de ‘Quais são os mecanismos de cognição viabilizadores da aprendizagem conceitual no estudante de engenharia?’, sendo desdobrada em sete questões mais específicas. Considera-se que o objetivo geral proposto foi alcançado, uma vez que foi possível a verificação desses mecanismos, dentro de uma estrutura pedagógica concebida para trabalhar a aprendizagem conceitual orientada ao domínio humanista, bem como avaliar o progresso dos estudantes e comparar os resultados com as proposições teóricas elaboradas para o mecanismos de cognição propostas por teorias cognitivo-construtivistas, a partir dos seguintes eixos: *Equilibração Theory-Theory*, *Ontological View*, *Framework-Theory* e *Knowledge in Pieces*.

A conclusão principal que se chega é que os mecanismos de cognição propostos por Piaget são aplicáveis à explicação do processo de aprendizagem conceitual que ocorre no estudante de engenharia para o domínio humanista, uma vez que as mudanças regulares produzidas foram convergentes às proposições teóricas elaboradas a partir do eixo da *equilibração*. Ressalta-se, no entanto, que as generalizações deste estudo são caracterizadas como ‘analíticas’ e não ‘estatísticas’. Além disso, as explicações fornecidas por esses mecanismos são parciais e se referem somente ao domínio cognitivo.

No que tange a sua aplicabilidade, mais especificamente, conclui-se que a teoria piagetiana pode fornecer importantes *insights* tanto para a condução de investigações futuras quanto para o ensino na Educação em Engenharia.

Com relação às investigações, conclui-se que a teoria de Piaget fornece um suporte para o enfoque sobre as transformações que conduzem de um estado de comportamento ao outro, no estudante, ao invés do enfoque tradicional dado sobre as características estáticas iniciais e finais. No processo de *equilibração* teorizado por Piaget, ambas as abstrações empírica, pseudo-empírica e refletida, coexistem e integram um mecanismo de regulação cognitiva atuante na maioria do indivíduo. Cada modalidade reflete características específicas do pensamento. Uma questão proposta para futuras investigações é se o funcionamento dessas modalidades poderia auxiliar na predição de

resultados de aprendizagem superficiais ou aprofundados no estudante; e qual seria o tipo de balanceamento que esse funcionamento deveria ter.

De acordo com os resultados obtidos por meio do acompanhamento realizado com os participantes, quando os estudantes foram desafiados com uma situação inédita para eles, seus pensamentos funcionaram inicialmente dentro da modalidade da abstração pseudo-empírica, e não já a partir da abstração refletida (mesmo que essa modalidade estivesse biologicamente acessível para todos eles). Nota-se, portanto, uma espécie de regra sequencial para o processo de aprendizagem conceitual. No intuito de averiguar a validade dessa ‘regra’, as investigações futuras também poderiam ser estendidas para outras disciplinas, com estudantes em diferentes fases da graduação, durante períodos de tempo mais longos e com diferentes cargas cognitivas intrínsecas – relacionadas não apenas ao domínio humanista, mas também ao domínio técnico.

Com relação ao ensino, de acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a teoria de Piaget traz a mensagem que se deve ter o cuidado sobre a orientação ‘do concreto ao abstrato’ para as intervenções na sala de aula. Em outras palavras, os professores que esperam que seus estudantes aprendam questões complexas (e geralmente mais abstratas) deveriam estabelecer essa complexidade como um resultado de aprendizagem pretendido (em termos de ações tais como ‘definir’, ‘explicar’, ‘criar’, ‘hipotetizar’, ‘relacionar’ etc.). Além disso, no intuito de auxiliar as transformações que viabilizam a construção do conhecimento, os professores deveriam incentivar seus estudantes, partindo-se de ações mais simples (tais como ‘identificar’, ‘descrever’, ‘anotar’ etc.) – e geralmente mais concretas – para ações mais abstratas. Outro ponto é que essa orientação deve permitir que o estudante participe ou interaja com o seu professor e pares durante esse processo.

Cumprir registrar o reconhecimento de algumas limitações na investigação realizada – o que oportuniza também propostas para trabalhos futuros. Uma delas refere-se ao fato de que não se conseguiu acompanhar de maneira precisa o processo de abstração empírica, que consistiria numa modalidade (menos rica que as demais) de construção do conhecimento, de acordo com a teoria de Piaget. Esse processo corresponderia à proposição teórica 1 ‘manipulação sobre as características físicas do objeto de conhecimento’, da Tabela 3 (p.66). Essa limitação deveu-se basicamente à falta de um acompanhamento mais minucioso sobre as tarefas realizadas pelos estudantes. Talvez o planejamento de situações envolvendo a realização de tarefas com

fontes de consultas específicas – tais como livros ou *websites* –, nas quais os estudantes fossem relatando em voz alta cada ação realizada, poderia revelar informações sobre esse processo.

Acredita-se que atentar ao processo de abstração empírica poderia auxiliar nas investigações sobre transformações em situações mais práticas (tanto para o domínio humanista quanto para o domínio técnico), nas quais o contato com objetos de conhecimento tangíveis e a prática em campos específicos é fundamental para aprendizagem conceitual. Exemplos para o domínio humanista incluem os conceitos de ‘oferta e demanda’, ‘qualidade’, ‘gestão’, ‘sistemas de custeio’, ‘planejamento estratégico’, ‘tempos e métodos’ etc. Exemplos para o domínio técnico incluem os conceitos de ‘força’, ‘torção mecânica’, ‘cisalhamento’, ‘eletricidade’, ‘indutância’, ‘capacitância’, ‘calor’ etc.



## REFERÊNCIAS

- ABIMBOLA, I. O. The Problem of Terminology in the Study of Student Conceptions in Science. *Science Education*, v.72, n.2, p.175-184, 1988.
- ADAMS, R.; EVANGELOU, D.; ENGLISH, L.; FIGUEIREDO, A. D.; MOUSOULIDES, N.; PAWLEY, A. L.; SCHIEFELLITE, C.; STEVENS, R.; SVINICKI, M.; TRENOR, J. M.; WILSON, D. M. Multiple Perspectives on Engaging Future Engineers. *Journal of Engineering Education*, v.100, n.1, p. 48-88, 2011.
- AMIN, T. G.; SMITH, C. L.; WISER, M. Students conceptions and conceptual change: three overlapping phases of research. In. Abell, S. K.; Lederman, N. G. *Handbook of research on Science Education*. New York: Routledge. 2<sup>nd</sup> ed., p.57-81, 2014.
- BARDIN, L. [1977] *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARTH, M.; GODEMANN, J.; RIECKMANN, M.; STOLTENBERG, U. Developing Key Competencies for Sustainability in Higher Education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, v.8, n.4, p.416-430, 2007.
- BAZZO, W.A. *Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica*. 3. ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011.
- BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T. do V. *Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos*. 3<sup>a</sup> ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2012.
- BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T. do V.; LINSINGEN, I. Von. *Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia*. 2 ed. rev. e ampl. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008
- BECKER, F. Abstração pseudo-empírica e reflexionante: Significado epistemológico e educacional. *Schème*, v.6, p.104 -128, 2014.
- BENSON, L. C.; ORR, M. K.; BIGGERS, S. B.; MOSS, W. F.; OHLAND, M. W.; SCHIFF, S. D. Student-centered, Active, Cooperative Learning in Engineering. *International Journal of Engineering Education*, v.26, n.5, p. 1097-1110, 2010.

BIDELL, T. R.; FISCHER, K. W. Structure, Function and Variability in Cognitive Development: The Piagetian Stage Debate and Beyond. *Philosophica*, v.54, n.2, 1994, p.43–87, 1994.

BIGGS, J. Aligning teaching for constructing learning. *The Higher Education Academy*. 2004? Disponível em: [https://www.heacademy.ac.uk/sites/default/files/resources/id477\\_aligning\\_teaching\\_for\\_constructing\\_learning.pdf](https://www.heacademy.ac.uk/sites/default/files/resources/id477_aligning_teaching_for_constructing_learning.pdf). Acessado em 03 jul. 2014.

BIGGS, J. Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, v.32, p.347-364, 1996.

BIGGS, J.; TANG, C. *Teaching for Quality Learning in University: What the Student Does*. 3<sup>rd</sup> ed. Milton Keynes: Open University Press, 2007.

BORREGO, M.; DOUGLAS, E. P.; AMELINK, C. T. Quantitative, Qualitative, and Mixed Research Methods in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, v.98, n.1, p. 53–66, 2009.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING R. R. (Eds.). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000.

BROCKMAN, J. B. *Introdução à engenharia: modelagem e solução de problemas*. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

CAMPOS, D. M. de S. *Psicologia da Aprendizagem*. 35<sup>a</sup> ed. Petrópolis: Vozes, 1987.

CAREY, S. Bootstrapping & the origin of concepts. *Daedalus*, v.133, n.1, p.59–68, 2004.

CAREY, S. Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, v.21, n.1, p.13–19, 2000.

CAREY, S. The origin and evolution of everyday concepts. In Giere, R. (Eds.), *Cognitive Models of Science (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. XV)*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 89-128, 1992.

CAREY, S. *The Origin of Concepts*. New York: Oxford University Press, 2009.



CAREY, S. The Origin of Concepts: A précis. *Behavioral and Brain Sciences*, v.34, p.113–167, 2011.

CAREY, S.; SMITH, C. On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, v.28, n.3, p.235–251, 1993.

CAREY, S.; ZAITCHIK, D.; BASCANDZIEV, I. Theories of development: in dialog with Jean Piaget. *Developmental Review*, v.38, p. 36-54, 2015.

CARRAHER, T. N. *O método clínico usando os exames de Piaget*. 5ª ed. São Paulo: Cortez, 1998.

CHI, M. T. H. Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, v.14, p.161–199, 2005

CHI, M. T. H. Two kinds and four sub-types of misconceived knowledge, ways to change it, and the learning outcomes. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change*, 2<sup>nd</sup> ed. New York, NY: Routledge Press, p. 49–70, 2013.

CHI, M. T. H.; ROSCOE, R. D. The processes and challenges of conceptual change. In Limon, M.; Mason, L. (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 3–27, 2002.

CHI, M. T. H.; ROSCOE, R. D.; SLOTTA, J.; ROY, M.; CHASE, M. Misconceived causal explanations for ‘emergent’ processes. *Cognitive Science*, v.36, p.1–61, 2012.

CHI, M. T. H.; SLOTTA, J. D.; DE LEEUW, N. From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, v.4, p.27–43, 1994.

CNE. Conselho Nacional de Educação. *Resolução CNE/CES 11/2002*, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acessado em: 25 mar. 2015.

CRESWELL, J. W. *Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens*. 3ª ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAMÁSIO, A. R. [1994] O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano. 3ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

DAMÁSIO, A. R. [2009] E o cérebro criou o homem. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

DANTAS, C. M. M. Docentes engenheiros e sua preparação didático-pedagógica. *Revista de Ensino de Engenharia*, v.33, n.2, p.45–52, 2014.

DAVIES, P. Students' Conceptions of Price, Value and Opportunity Cost: some implications for future research. *Citizenship, Social and Economics Education*, v.10, n.2-3, p.101-110. 2011

DAWSON-TUNIK, T. L.; FISCHER, K. W.; STEIN, Z. Do Stages Belong at the Center of Developmental Theory? A Commentary on Piaget's Stages. *New Ideas in Psychology* v.22, n.3, p. 255–263, 2004.

DEGA, B. G.; KRIEK, J.; MOGESE, T. F. Students' conceptual change in electricity and magnetism using simulations: A comparison of cognitive perturbation and cognitive conflict. *Journal of Research in Science Teaching*, v.50, n.6, p.677–698, 2013.

DISESSA, A. A. Conceptual Change in a Microcosm: Comparative Analysis of a Learning Event. Draft, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/282076742\\_Conceptual\\_Change\\_in\\_a\\_Microcosm\\_Comparative\\_Analysis\\_of\\_a\\_Learning\\_Event](https://www.researchgate.net/publication/282076742_Conceptual_Change_in_a_Microcosm_Comparative_Analysis_of_a_Learning_Event). Acessado em: 12 abr. 2016.

DISESSA, A. A. Knowledge in pieces. In: Forman, G.; Pufall, P. (Eds.) *Construtivism in the computer age*. Lawrence Erlbaum Publishers, p.49–70, 1988.

DISESSA, A. A. The construction of causal schemes: learning mechanisms at the knowledge level. *Cognitive Science A Multidisciplinary Journal*, v.38, n.5, p.795–850, 2014.

DISESSA, A. A.; SHERIN, B. L. What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, v.20, n.10, p.1155–1191, 1998.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; SCOTT, P.; MORTIMER, E. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, v.23, n.5, p.5–12, 1994.

DWYER, C. P. *The Evaluation of Argument Mapping as a Learning Tool*. PhD diss., National University of Ireland, Galway, 2011.

ECO, H. *Como se faz uma tese em Ciências Humanas*. 13ª ed. Editorial Presença: Lisboa, 2007.

EICHLER, M. L. *Modelos causais de adolescentes e de adultos para as mudanças de estado e a transformação química da matéria*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2013, 363p.

EXCHANGE. *Constructive Alignment - and why it is important to the learning process*. Disponível em: <http://exchange.ac.uk/learning-and-teaching-theory-guide/constructive-alignment.html>. Acessado em: 20 de Jul. 2014

FÁVERO, L. L. *Coesão e Coerência Textuais*. 11 ed. São Paulo: Ática, 2009

FELDMAN, D. Piaget's Stages: The Unfinished Symphony of Cognitive Development. *New Ideas in Psychology*, v.22, n.3, p. 175–231, 2004.

FISCHER, K. W. A Theory of Cognitive Development: The Control and Construction of Hierarchies of Skills. *Psychological Review*, v.87, n.6, p. 477–531, 1980.

FLAVELL, J. H. [1965] *A Psicologia do Desenvolvimento de Piaget*. 5ª ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREIESLEBEN, F. B. *Construção de conhecimento na área tecnológica: estudo de casos múltiplos sobre a temática circuitos elétricos*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2015, 2010p.

FREZZA, J. S. *Construção de modelos e teorias físicas: da mecânica clássica de Newton à mecânica relativística de Einstein. Um estudo em Epistemologia Genética*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2015, 95p.

FURTH, H. G. [1969] *Piaget e o Conhecimento: fundamentos teóricos*. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1974.

GALLESE, V.; LAKOFF, G. The Brain's concepts: The Role of the Sensory-Motor System in Conceptual Knowledge. *Cognitive Neuropsychology* v.22, n.3–4, 2005, p. 455–479, 2005.

GIBBONS, J. D.; CHAKRABORTI, S. *Nonparametric Statistical Inference*. 4<sup>th</sup> ed. New York: Marcel Dekker, 2003.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2010

GOEL, S. An Overview of Selected Theories about Student Learning. *Indo-US Workshop on Effective Teaching and Learning at College/University Level, IIT Delhi*, 2011.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. *Dicionário Houaiss de língua portuguesa*. 1<sup>a</sup> reimp. Rio de Janeiro: Objetiva, 2004.

INHELDER, B.; PIAGET, J. [1970] *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente: Ensaio sobre a construção das estruturas operatórias formais*. São Paulo: Pioneira, 1976.

KOBER, N. *Reaching Students: What Research Says About Effective Instruction in Undergraduate Science and Engineering*. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press, 2015.

KOSLOWSKI, A. Acerca do problema da definição de arte. *Revista Húmus*, n.8, p.1–9, 2013.

KRAUSE, S.; KELLY, J.; TASOOJI, A.; CORKINS, J.; BAKER, D.; PURZER, S. Effect of Pedagogy on Conceptual Change in an Introductory Materials Science Course. *International Journal of Engineering Education*, v.26, n.4, p.869–879, 2010.

KUHN, T. S. [1970] *A estrutura das revoluções científicas*. 12ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia científica*. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

LEFRANÇOIS, G. R. *Teorias da aprendizagem: o que a velha senhora disse*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

LEVRINI, O.; DISESSA, A. A. How students learn from multiple contexts and definitions: Proper time as a coordination class. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, v.4, n. 010107, p.1-18, 2008.

LITZINGER, T.; LATTUCA, L. R.; HADGRAFT R.; NEWSTETTER, W. Engineering Education and the Development of Expertise. *Journal of Engineering Education*, v.100, n.1, p.123–150, 2011.

LODER, L.L. *Engenheiro em Formação: o sujeito da aprendizagem e a construção do conhecimento em engenharia elétrica*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2009, 341p.

LUNDHOLM, C.; DAVIES, P. Conceptual Change in the Social Sciences. In Vosniadou, S. (Ed.). *International Handbook of Research on Conceptual change*. 2<sup>nd</sup> edition, New York: Routledge. p. 288-304, 2013.

MACHAMER, P.; DARDEN, L.; CRAVER, C. F. Thinking about Mechanisms. *Philosophy of Science*, v.67, n.1, p.1–25, 2000.

MARQUES, T. B. I. *Do egocentrismo à descentração: a docência no ensino superior*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2005, 264p.

MINTZES, J. J.; CHIU, M. H. Understanding and conceptual change in science and mathematics: an international agenda within a constructivist framework. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v.2, p.111–114, 2004.

MURRAY, G. T. *Handbook of Materials Selection for Engineering Applications*. CRC Press, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering*. Singer, S. R.; Nielsen, N. R.; Schweingruber, H. A. (Eds). Committee on the Status, Contributions, and Future Directions of Discipline-Based Education Research. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*. Committee on the Foundations of Assessment. Pelligrino, J.; Chudowsky, N.; Glaser, R. (Eds.) Board on Testing and Assessment, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: National Academies Press, 2001.

PACHECO JUNIOR, W.; PEREIRA, V. L. do V.; PEREIRA FILHO, H. do V. *Pesquisa Científica sem troços: Abordagem sistêmica*. São Paulo: Atlas, 2007

PIAGET, J. [1949] *Ensaio de lógica operatória*. 2ªed, Porto Alegre: Globo; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1976.

PIAGET, J. [1956] *Psicologia da Inteligência*. Petrópolis RJ: Vozes, 2013.

PIAGET, J. [1967] *Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Petropolis: Vozes, 1996.

PIAGET, J. [1968] *O Estruturalismo*. Rio de Janeiro, Difel, 2003.

PIAGET, J. [1970] *Epistemologia Genética*. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

PIAGET, J. [1972] *Psicologia e Epistemologia*. 5ª ed. Lisboa: Dom Quixote, 1991.

PIAGET, J. [1975] *A Equilibração das Estruturas Cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, J. [1977] *Abstração Reflexionante: Relações Lógico-Aritméticas e Ordem das Relações Espaciais*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

PIAGET, J.; INHELDER, B. *A Psicologia da Criança*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Difel, 2012,

PIAGET, J.O [1966] *O Nascimento da Inteligência na Criança*. 4ªed. reimp. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

PICETTI, J. S. *Formação continuada de professores: da abstração reflexionante à tomada de consciência*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Porto Alegre, 2008, 144p.

PINKER, S. *Tábula rasa: a negação contemporânea da natureza humana*. São Paulo: Companhia das Letras, 2004,

POMBO, O. Epistemologia da interdisciplinaridade. *Revista Ideação*, v.10, n.1, 2008, p. 9–40, 2008.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, n.2, p.211-227, 1982.

PRINCE, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, v.93, n.3, p. 223–231, 2004.

REDISH, E. F.; SMITH, K. A. Looking Beyond Content: Skill Development for Engineers. *Journal of Engineering Education*, v.97, n.3, p. 295–307, 2008.

RUGARCIA, A.; FELDER, R. M.; WOODS, D. R.; STICE, J. E. The Future of Engineering Education I: A Vision for a New Century. *Chemical Engineering Education*, v.34, n.1, p.15–25, 2000.

SACRISTÁN, J. G.; GÓMEZ, A. I. P. *Compreender e transformar o ensino*. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO; M. P. B. *Metodologia de pesquisa*. 5ª ed. Porot-Alegre: Penso, 2013.

SANDAHL, J. Preparing for Citizenship: The Value of Second Order Thinking Concepts in Social Science Education. *Journal of Social Science Education*, v.14, n.1, p.19-30, 2015.

SCHIFFRIN, D.; TANNEN, D.; HAMILTON, H. E. *The Handbook of Discourse Analysis*. Oxford: Blackwell Publishers, 2001.

SCHIMID-KITSIKIS, E. *Teoria e clínica do funcionamento mental*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

SCHNEIDER, M.; STERN, E. In Dumont, H.; Istance, D.; Benavides, F. (Eds.) *The cognitive perspective on learning: ten cornerstone findings*. The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice OECD, p.69–90, 2010.

SCHWARTZ, M. S.; FISCHER, K. W. Building general knowledge and skill: Cognition and microdevelopment in science learning. In Demetriou, A.; Raftopoulos, A. (Eds.). *Cognitive developmental change: Theories, models, and measurement*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2004.

SIMON, M. A.; TZUR, R.; HEINZ, K.; KINZEL, M. Explicating a Mechanism for Conceptual Learning: Elaborating the Construct of Reflective Abstraction, *Journal for Research in Mathematics Education*, v.35, n.5, p.305–329, 2004.

SLADOVICH, H. E. *Engineering as a social enterprise*. Washington, DC: The National Academies Press, 1991.

SLOTTA, J. D.; CHI, M. T. H. Helping students understand challenging topics in science through ontology training. *Cognition and Instruction*, v.24, p.261–289, 2006.

STATHOPOULOU, C.; VOSNIADOU, S. Conceptual change in Physics and physics-related epistemological beliefs: a relationship under scrutiny. In: Vosniadou, S.; Baltas, A.; Vamvakoussi, X. (Eds.), *Reframing the conceptual change approach in learning and instruction*. New York, NY: Elsevier, p.145–163, 2007.

STREVELER, R. A.; LITZINGER, T. A.; MILLER, R. L.; STEIF, P. S. Learning Conceptual Knowledge in the Engineering Sciences: Overview and Future Research Directions. *Journal of Engineering Education*, v.97, n.3, p. 279–294, 2008.

STREVELER, R., BROWN, S., HERMAN, G. L., & MONTFORT, D. Chapter 5: Conceptual change and misconceptions in engineering



education: Curriculum, measurement, and theory-focused approaches, *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*. (Eds.) A. Johri and B. Olds. Cambridge University Press, 83-102, 2014.

SWELLER, J. Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, v.12, n.2, p. 257–285, 1988.

THAGARD, P. *The cognitive Science of Science: Explanation, Discovery and Conceptual Change*. Cambridge, MA: MIT Press, 2012.

UNA-UK. *Factsheet: what is Science?* United Nations Association – United Kingdom, 2006. Disponível em: <http://www.una.org.uk/content/factsheet>. Acessado em: 30 nov. 2013.

VAN MERRIËNBOER, J. J. G.; SWELLER, J. Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, v.17, n.2, p. 147–177, 2005.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. *PRISMA.COM*, n.7, p.60–85, 2008.

VILCHES, A. GIL-PÉREZ, D. The Supremacy of the Constructivist Approach in the Field of Physics Education: Myths and Real Challenges. *Tréma*, v.38, p. 87-104, 2012.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, v.4, n.1, p.45–69, 1994.

VOSNIADOU, S. Conceptual change and education. *Human Development*, v.50, p.47–54, 2007.

VOSNIADOU, S. Conceptual Change In Learning and Instruction: The Framework Theory Approach. In Vosniadou S. (Eds). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. 2<sup>nd</sup> edition, New York: Routledge. p.11–30, 2013.

VOSNIADOU, S. Reframing the Classical Approach to Conceptual Change: Preconceptions, Misconceptions and Synthetic Models. In: Fraser, J. B.; Tobin, K.; McRobbie, J. C. (Eds.). *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands, p.119 –130, 2012.

VOSNIADOU, S.; BREWER, W. F. Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, v.24, n.4, p.535 – 585, 1992.

VOSNIADOU, S.; BREWER, W. F. The problem of knowledge acquisition. *Center for the Study of Reading Technical Report*, nº 348, 1985.

WATSON, M. K.; PELKEY, J.; NOYES, C. R.; RODGERS, M. O. Assessing conceptual knowledge using three concept map scoring methods. *Journal of Engineering Education*, v.105, n.1, p.118–146, 2016.

YADAV, A.; VINH, M.; SHAVER, G. M.; MECKL, P.; FIREBAUGH, S. Case-Based Instruction: Improving Students' Conceptual Understanding Through Cases in a Mechanical Engineering Course. *Journal of Research in Science Teaching*, v.51, n.5, p.659–677, 2014.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

## **GLOSSÁRIO<sup>9</sup>**

---

<sup>9</sup>Os termos apresentados foram retirados de Furth (1974/1969, p.291–298).

**Abstração (Formal reflexiva).** – Retroalimentação vinda das atividades coordenativas ou operatórias para a organização interior, que lhe possibilita “refletir” sobre a forma geral das atividades. A abstração formal, reflexiva, é a principal fonte do desenvolvimento da inteligência como conhecimento geral, lógico.

**Abstração (Empírica).** – Retroalimentação vinda dos resultados das ações para os objetos ou qualidades físicas. A abstração física pressupõe o arcabouço da abstração formal e leva ao conhecimento crítico, objetivo, do mundo físico.

**Acomodação.** – O processo exteriorizante de uma ação operativa orientada no sentido de alguma realidade particular. A acomodação aplica uma estrutura geral a uma situação particular; como tal, contém sempre algum elemento de novidade. Num sentido restrito, a acomodação a uma nova situação conduz à diferenciação de uma estrutura anterior e, portanto, ao surgimento de novas estruturas.

**Ação.** – Uma troca funcional entre uma organização biológica e o meio, que pressupõe uma estrutura interna e conduz a uma estruturação do meio. Para Piaget, ação não se limita a ação externa. É geralmente usada como sinônimo de comportamento.

**Adaptação.** – Estado de equilíbrio de uma organização biológica dentro do seu meio. Em comportamento, uma equilibrção entre acomodação e assimilação.

**Afetividade.** – Aspecto do comportamento que diz respeito a interesse, motivação, dinâmica, energia. Está indissociavelmente ligado ao aspecto estrutural da cognição.

**Aprendizagem.** – No sentido estrito, elaboração de conhecimento através de alguma informação particular fornecida pelo meio. A aprendizagem é inconcebível na ausência de uma estrutura teórica, interior, prévia, de equilibrção que proporcione a capacidade de aprender e a estruturação do processo de aprendizagem; no sentido lato, incluem ambos os fatores.

**Assimilação.** – Processo incorporador de uma ação operativa. Uma coleta de dados do meio, não num sentido causal, mecanicista, mas como função de uma estrutura interna, que, por sua própria natureza, busca atividade através da assimilação do material potencial existente no meio.

**Conceito.** – Num sentido lógico, uma construção mental do aspecto generalizável de uma coisa conhecida: tem uma intenção (ou compreensão), que responde à pergunta: “Qual é a sua essência?”, e uma extensão, que responde à pergunta: “Que coisas são exemplares do conceito?”. Num sentido psicológico, conceito é sinônimo de estrutura

ou esquema interno do indivíduo, e corresponde ao nível daquela estrutura (por exemplo: conceito “prático”). Em suas manifestações verbais, conceito é a expressão verbalizada de um conceito lógico, juntamente com sua compreensão verbalizada; contudo, a verbalização é extrínseca ao conceito lógico como tal.

**Conhecimento.** – Estruturação do comportamento tido como intercâmbio entre organismo e meio. Todo nível de comportamento implica certa quantidade de conhecimento por parte do organismo, sobre o meio. Conhecimento objetivo geral é o mesmo que inteligência.

**Conservação.** – A manutenção de uma estrutura como invariante durante mudanças físicas de alguns aspectos. A estabilidade de um atributo objetivo nunca é simplesmente dada, e sim construída pela organização viva. Por conseguinte, conservação implica em um sistema interno de regulações que possa compensar internamente as mudanças externas.

**Coordenação.** – Adaptação funcional ou forma unificante dos elementos de uma ação, especialmente de uma ação externa, embora não limitada a ela, implica uma estrutura interna ativa.

**Empirismo.** – Ponto de vista filosófico que sustenta que todo conhecimento, inclusive a necessária verdade lógica, tem sua causa adequada e suficiente em informação decorrente, em última análise, dos sentidos; aceita que a objetividade existe como entidade “externa”, dada veridicamente.

**Epistemologia.** – Ciência teórica que trata da natureza do conhecimento, sobretudo do conhecimento científico e da necessária verdade lógica; geralmente considerada como ramo da pesquisa filosófica. Para Piaget, a epistemologia é problema aberto à investigação científica, especialmente psicológica.

**Equilibração.** – Fator regulatório interno, subjacente a uma organização biológica; manifesta-se em tudo que tem vida, especialmente no desenvolvimento e atividade da inteligência. A inteligência torna explícitas as regulações inerentes a uma organização. Como processo, é o fator regulatório que unifica evolução e desenvolvimento; como estado (um equilíbrio), é um balanceamento, em constante mutação, de compensações ativas.

**Esquema.** – A forma geral interna de uma atividade cognitiva específica, frequentemente, mas não exclusivamente usada para inteligência sensório-motora. Aspecto generalizável de ações coordenadoras que podem ser aplicadas a situações análogas. As operações nada mais são senão os esquemas mais gerais da inteligência operacional. Os esquemas coordenam-se entre si em estruturas ou

esquemas de ordem superior (Piaget distingue os termos *esquema* e *schema*, significando este um contorno representativo ou modelo figurativo. *Schema* se refere a uma acomodação figurativa ou símbolo; *esquema*, à operatividade.)

**Estrutura.** – Forma geral, inter-relação das partes dentro de uma totalidade organizada. Muitas vezes, pode-se usar o termo estrutura em lugar de organização, sistema, forma, coordenação.

**Figurativo, Conhecimento.** – Conhecimento que fixa o aspecto externo, figural de um fato, de maneira estática, estreitamente ligada a uma acomodação particular, como na percepção, imitação, imagem, memória. O conhecimento figurativo só é concebível dentro de um quadro de cognição operativa.

**Formal, Operação.** – Manifesta-se tipicamente no pensamento através de proposições e num sistema combinatório que considere o real como uma entre outras possibilidades hipotéticas. As operações formais caracterizam o segundo e último estágio da inteligência operacional, que “reflete” sobre operações concretas, através da elaboração de estruturas formais de “grupo”.

**Imagem.** – Representação interna de um fato externo. A imagem é um dos produtos da função simbólica, e, portanto, da inteligência em seu funcionamento total: não é mero vestígio de percepção passiva.

**Imitação.** – Correspondência figurativa da atividade motora para um fato externo. A imitação apresenta três estágios: 1.º, imitação sensório-motora, sinônimo de acomodação perceptiva; 2.º, imitação diferida (gesto), na ausência do modelo, o começo da formação de símbolos; 3.º, imitação interiorizada, a imagem.

**Inato.** – Presente no nascimento ou concepção. “Inato” é frequentemente visto como o oposto de “adquirido” (aprendido); no entanto, a aprendizagem evolutiva é uma aprendizagem tão verdadeira quanto a aquisição pelo desenvolvimento. Os padrões inatos de comportamento são chamados instintos.

**Inteligência.** – No sentido lato, a totalidade de coordenações possíveis que estruturam o comportamento de um organismo. A inteligência considerada como totalidade caracteriza um dado estágio, e decorre das coordenações reais de um estágio anterior. Num sentido mais estrito, limita-se à inteligência operacional, incluindo, às vezes, os estádios adiantados do período sensório-motor.

**Interiorização.** – Dissociação eventual entre a forma geral de uma coordenação e o conteúdo particular de uma ação externa. A interiorização leva da inteligência “prática” à operacional e é a

precondição para o conhecimento objetivo, bem como para a representação simbólica.

**Internalização.** – A diminuição eventual de movimentos externos, que se tornam implícitos e esquematizados, como na imitação e na linguagem. A internalização leva a símbolos internos; deve-se distingui-la da interiorização. Piaget comumente usa a única palavra francesa *intériorisation*, para designar ambas as coisas. Autores de língua inglesa empregam ambas as palavras, indistintamente, no sentido de internalização.

**Linguagem.** – O sistema natural de símbolos falados (e ouvidos), forma de comunicação típica de uma sociedade. Uma das manifestações de funcionamento simbólico. A linguagem é adquirida e utilizada como outro comportamento simbólico e influencia a inteligência indiretamente, através do impacto social e educativo da sociedade.

**Lógica.** – Como sistema formalizado, pode ser empregado para descrever a estruturação que se manifesta espontaneamente no comportamento inteligente. A coerência interna e a necessidade de juízos lógicos comandam nossa aprovação intelectual. Há uma relação genética entre as formas lógicas maduras e as estruturas pré-lógicas do comportamento infantil.

**Lógico, Positivismo.** – Ponto de vista filosófico que afirma ser a inteligência lógica e abstrata profundamente dependente da formalização e utilização correta da linguagem. O positivismo lógico é uma modificação do empirismo, destacando a linguagem como a fonte da inteligência lógica.

**Maturação.** – Mudanças biológicas, como função do aumento de idade, nos sistemas anatômico e fisiológico, na medida que determinam o desenvolvimento do comportamento.

**Memória.** – No sentido estrito, conhecimento ativo referente a um passado particular; a evocação e o reconhecimento das imagens por si só não implicam em memória. No sentido lato, é a disponibilidade de qualquer conhecimento e meramente expressa o fato de a conservação de um esquema ser o mesmo que funcionamento do esquema.

**Objeto, Formação de.** – O esquema do objeto permanente é a primeira invariante mais geral que constitui a objetivação inicial, a presença de uma “coisa” externa, independentemente das próprias ações da criança. Por si só, o meio não proporciona a realidade objetiva. A formação do objeto situa-se no limiar da inteligência operativa.

**Operação.** – No sentido estrito, a ação generalizável característica interiorizada da inteligência madura; uma operação implica na estrutura através da qual: (1) a “cognição” resultante não precisa ser exteriorizada

como na inteligência sensório-motora; e, (2) uma operação é reversível – pode ser invertida e, assim, negar sua própria atividade. No sentido lato, operativo inclui aqui as ações pré-operacionais, mas exclui as sensório-motoras.

**Organização.** – A expressão mais geral da forma de um organismo biológico, uma totalidade na qual os elementos se relacionam entre si e com todo, a própria totalidade relacionando-se com uma totalidade maior. Todos os fenômenos biológicos, inclusive inteligência e evolução, encontram sua explicação básica na organização biológica. Uma organização possui mecanismos regulatórios intrínsecos.

**Percepção.** – Uma atividade de conhecimento que se fixa nos dados sensoriais imediatos.

**Raciocínio.** – Inteligência ou cognição ativa, geralmente limitado a atividades operativas (no sentido lato).

**Representação.** – No sentido estrito, “representar” significa “tornar presente alguma coisa que não está presente”; por exemplo, como numa imagem ou no jogo simbólico. Num sentido um tanto impróprio e tendente a mal-entendidos, qualifica-se como “representativo” o conhecimento acima do estágio sensório-motor, na medida que não se acha mais ligado exclusivamente a atos externos.

**Sensório-motor.** – A modalidade característica do conhecimento no primeiro estágio da inteligência, no qual a forma do conhecimento está ligada ao conteúdo do consumo sensorial específico ou de ações motrizes. Usado também no sentido de inteligência prática.

**Transformação.** – Como transformação externa, refere-se à aparência em constante mutação do mundo físico. Como transformação interna, refere-se à construção, pela cognição, de invariantes através das quais as mudanças externas podem ser compensadas internamente. As operações são transformações internas relativas a uma invariante, e, por conseguinte, levam a uma compensação objetiva das mudanças físicas.



**ANEXO A – PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA DE  
INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DO CURSO DE  
ENGENHARIA TÊXTIL (UTFPR – AP)**



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA  
 FEDERAL DO PARANÁ**  
*Campus Apucarana*



## PLANO DE ENSINO

<b>CURSO</b>	<b>ENGENHARIA TÊXTIL</b>	<b>MATRIZ</b>	<b>007</b>
--------------	--------------------------	---------------	------------

<b>FUNDAMENTAÇÃO LEGAL</b>	<b>PROCESSO Nº. 073/10-COEPP</b>
----------------------------	----------------------------------

<b>DISCIPLINA/UNIDADE CURRICULAR</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>PERÍODO</b>	<b>CARGA HORÁRIA (aulas)</b>					
<b>INTRODUÇÃO A ENGENHARIA</b>	<b>IE61A</b>	<b>1</b>	<b>AT</b>	<b>AP</b>	<b>APS</b>	<b>AD</b>	<b>APCC</b>	<b>Total-HA</b>
			<b>34</b>		<b>2</b>			<b>36</b>
								<b>30</b>

AT: Atividades Teóricas, AP: Atividades Práticas, APS: Atividades Práticas Supervisionadas, AD: Atividades a Distância, APCC: Atividades Práticas como Componente Curricular.

<b>PRÉ-REQUISITO</b>	<b>NÃO EXISTE</b>
<b>EQUIVALÊNCIA</b>	<b>NÃO EXISTE</b>

### OBJETIVOS

Introduzir o estudante na área de engenharia, aplicando conceitos básicos necessários ao engenheiro. O aluno será capaz de identificar conceitos de projetos e suas variáveis, bem como relacionar a função do engenheiro com a sociedade, o meio ambiente e a ética da profissão.

### EMENTA

- Noções de história da engenharia; - Conceitos de Ciência, Tecnologia e Arte; - Conceito de engenharia; - Engenharia e meio Ambiente; A função social do engenheiro; - Ética na engenharia; - O curso de engenharia; - Conceitos de projeto de engenharia; e, - Ferramentas de engenharia.

### CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

<b>ITEM</b>	<b>EMENTA</b>	<b>CONTEÚDO</b>
1	Noções de história da engenharia	Origens da Engenharia
2	Conceitos de Ciência, Tecnologia e Arte	Criatividade; Tipos de conhecimento; O conhecimento científico; Pesquisa tecnológica; O quadrante Pasteur
3	Conceito de engenharia	Características da Engenharia
4	Engenharia e meio Ambiente	A crise ambiental; Natureza das medidas de controle e dos fatores da degradação ambiental; Economia e meio ambiente; Aspectos legais e institucionais; Atividades de Engenharia e o meio ambiente; Ações preventivas da Engenharia
5	A função social do engenheiro	A sociedade e o engenheiro, relações pessoais
6	Ética na engenharia	Conduta ética no desenvolvimento das atividades
7	O curso de engenharia	As bases de um curso de engenharia; Processo de formação profissional Competências; Grade curricular
8	Conceitos de projeto de engenharia	Otimização; Projeto

9	Ferramentas de engenharia	Decisões de Engenharia; Aprendizado e Solução de Problemas; Análise e solução de problemas; Modelos e simulação
---	---------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ANO/SEMESTRE	CARGA HORÁRIA (aulas)					
2014/01	AT	AP	APS	AD	APCC	Total
	36		2			38

AT: Atividades Teóricas, AP: Atividades Práticas, APS: Atividades Práticas Supervisionadas, AD: Atividades a Distância, APCC: Atividades Práticas como Componente Curricular.

DIAS DAS AULAS PRESENCIAIS						
Dia da semana	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
(36 aulas)			2			

## PROCEDIMENTOS DE ENSINO

### AULAS TEÓRICAS

1. Expositiva-dialogada / 2. Técnica de laboratório / 3. Técnica do estudo dirigido / 4. Técnica de trabalho em pequenos grupos / 5. Pesquisa / 6. Dramatização / 7. Projeto / 8. Debate / 9. Estudo de caso / 10. Seminário / 11. Pannel integrado / 12. Visitas técnicas / 13. Brainstorming / 14. Outros: APS – Atividade Prática Supervisionada.

1, 4, 8 e 9.

Os assuntos serão abordados através de multimídia com o auxílio do quadro e giz para anotações de maior importância.

### AULAS PRÁTICAS

1. Expositiva-dialogada / 2. Técnica de laboratório / 3. Técnica do estudo dirigido / 4. Técnica de trabalho em pequenos grupos / 5. Pesquisa / 6. Dramatização / 7. Projeto / 8. Debate / 9. Estudo de caso / 10. Seminário / 11. Pannel integrado / 12. Visitas técnicas / 13. Brainstorming / 14. Outros: APS – Atividade Prática Supervisionada.

Não há.

### ATIVIDADES PRÁTICAS SUPERVISIONADAS

**Atividade** – A ser definido oito semanas antes do término do semestre.

**Data de Entrega da atividade realizada pelo aluno:**

**Valor da atividade:** 30% da nota total.

**Forma de avaliação da atividade Proposta:** A ser definida na apresentação da atividade.

### ATIVIDADES A DISTÂNCIA

Não há.

### ATIVIDADES PRÁTICAS COMO COMPONENTE CURRICULAR

Não há.

## PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

1. Prova objetiva / 2. Prova discursiva / 3. Prova oral / 4. Prova prática / 5. Palestra / 6. Projeto / 7. Relatório / 8. Seminário / 9. Outros: APS

Avaliação: Atividades em classe e APS

Atividades em classe: 70% da nota. Datas: a ser definido em sala, de acordo com o andamento do conteúdo.

APS: 30% da nota.

Anexo 1 da Resolução nº 112/10-COEPP, de 29 de novembro de 2010.

§3º

- Para possibilitar a recuperação do aproveitamento acadêmico, o professor deverá proporcionar reavaliação ao longo e/ou ao final do semestre letivo.

§4º

- Considerar-se-á aprovado na disciplina, o aluno que tiver frequência igual ou superior a 75% (setenta e cinco por cento) e Média Final igual ou superior a 6,0 (seis), consideradas todas as avaliações previstas no Plano de Ensino.

Serão realizadas três atividades com valor de 10,0 pontos cada. A média final será calculada da

seguinte forma:

$$MF = ((A_1 \cdot A_2)^{1/2}) \cdot 0,7 + (APS) \cdot 0,3$$

A prova de recuperação deverá ser realizada pelos alunos que obtiveram média inferior a 6,0 (seis) e superior a 3,0 (três). Nesse caso a nota final será computada da seguinte forma:

$$NF = \frac{MF + REC}{2}$$

## REFERÊNCIAS

### Referências Básicas:

DYM, Clive L.; LITTLE, Patrick. **Introdução à engenharia**: uma abordagem baseada em projeto . 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.  
HOLTZAPPLE, Mark T.; REECE, W. Dan. **Introdução a engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2006  
REECE, W. Dan. **Introdução à engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

### Referências Complementares:

APPOLINÁRIO, Fabio. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. São Paulo, SP: Cengage Learning, c2006. xii, 209 p. ISBN 8522111774 (broch.).  
ARANHA, M. L. A.; MARTINS, M. H. P. **Filosofando: introdução à filosofia**. 4ª ed. rev. São Paulo: Moderna, 2009, 479p.  
BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T.V. **Introdução À Engenharia**. 3ª Ed. Florianópolis: UFSC. 2012.  
BLOCH, S.C. **Excel para Engenheiros e Cientistas**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC. 2010.  
BRAGA, B. *et. al.* **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2ª Ed. São Paulo: Prentice Hall. 2005.  
BROKMAN, J.B. **Introdução À Engenharia - Modelagem e Solução de Problemas**. 1ª Ed (reimp.). Rio de Janeiro: LTC. 2012.  
FUSARI, M. F. R.; FERRAZ, M. H. C. T. **Arte na Educação Escolar**. São Paulo: Cortez, 2001, 157p.  
GOMBRICH, E. H. **A História da Arte**. Rio de Janeiro: LTC, 2009, 688p.  
MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Expressão Gráfica, 2010.  
POLAK, P. **Projetos em Engenharia**. 1ª Ed. São Paulo: Hemus. 2004.

## ORIENTAÇÕES GERAIS

Quando pertinente, o material de apoio será disponibilizado pelo professor em e-mail de responsabilidade da turma.

E-mail do professor para contato: [fabriciomerlin@utfpr.edu.br](mailto:fabriciomerlin@utfpr.edu.br)

Telefone do professor para contato:

Obs.: O Conteúdo Programático deste plano trata-se de uma PREVISÃO, podendo sofrer alterações no decorrer do semestre, caso seja necessário.

Assinatura do Professor

Assinatura do Coordenador do  
Curso

**ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** A passagem do ato incompetente ao ato competente do sujeito estudante: contribuições à Educação em Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável.

**Pesquisador:** Fabrício Kurman Merlin

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 30633214.4.0000.5547

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 678.111

**Data da Relatoria:** 05/06/2014

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de uma pesquisa com discussão teórica e estudo de caso, onde o pesquisador busca entender a formação de competências e a mudança das estruturas cognitivas de acadêmicos do curso de Engenharia Têxtil, as quais revelariam como acontece o processo de aprendizagem. Esta pesquisa está em processo de desenvolvimento desde setembro de 2012 (estudo teórico).

O estudo de caso seguirá o Método Clínico de Piaget, que consiste de uma entrevista com questionário semi-estruturado, com objetivo de analisar a estrutura cognitiva dos sujeitos.

Este método será aplicado a 30 alunos do 1o. período do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR - Câmpus Apucarana.

**Objetivo da Pesquisa:**

Explicar cientificamente o fenômeno da passagem do ato incompetente ao ato competente do sujeito na Educação em Engenharia para o desenvolvimento sustentável.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Segundo informações do projeto de pesquisa, o trabalho não oferece riscos aos sujeitos envolvidos na pesquisa. Os benefícios seriam indiretos, segundo o projeto, a partir do aperfeiçoamento do processo ensino-aprendizagem dos cursos de engenharias.

O projeto não prevê qualquer tipo de benefícios financeiros.

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR **Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4943

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 678.111

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa trata de um tema importante dos cursos de Engenharia, ensino e aprendizagem, e pode trazer contribuições para este processo.

O trabalho, segundo informações do projeto, oferece aos sujeitos envolvidos a liberdade de participar ou não, bem como, de se retirarem da pesquisa a qualquer momento.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O projeto de pesquisa atende a Resolução 466/2012.

**Recomendações:**

Não há recomendações.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O projeto atendeu as recomendações do CEP.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da RESOLUÇÃO Nº 466, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2012, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-UTFPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e as suas justificativas.

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Página 02 de 03

CURITIBA, 06 de Junho de 2014

Assinado por:  
Thomaz Aurélio Pagliaro  
(Coordenador)

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Página 03 de 03





**APÊNDICE A – ALINHAMENTO CONSTRUTIVO PARA O  
CONTEÚDO REFERENTE À UNIDADE I DA DISCIPLINA DE  
INTRODUÇÃO À ENGENHARIA ET61A**



## **COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA TÊXTIL ALINHAMENTO CONSTRUTIVO PARA O CONTEÚDO REFERENTE À EMENTA DA DISCIPLINA INTRODUÇÃO À ENGENHARIA – ET61A**

### **Resultados de Aprendizagem Pretendidos na Disciplina (RAPD):**

OBJETIVO: Construir um conhecimento mínimo e necessário, no aluno, sobre aspectos básicos da profissão de engenharia que condicionam o seu relacionamento com a sociedade e o meio ambiente.

### **Resultado de Aprendizagem Esperado na UNIDADE I – Noções de História da Eng.<sup>a</sup>, Conceitos de Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia – (RAPU1):**

O aluno é capaz de: compreender igualdades, semelhanças e diferenças entre definições; argumentar por meio de embasamento teórico, como os conceitos de Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia se relacionam; e, reconhecer e associar fatos cotidianos e históricos envolvendo um ou mais conceitos estudados.

### **Atividades de Ensino-Aprendizagem (AEA)**

1. *Definir* um conjunto de conceitos que permita um posicionamento quanto à Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia.
2. *Analisar* os conceitos selecionados, de forma detalhada, buscando igualdades, diferenças e similaridades inter e intra-conceitual.
3. *Selecionar*, na história, um conjunto de fatos que permitam exemplificar a relação dos conceitos de Ciência, Arte e Tecnologia com a Engenharia.
4. *Relacionar* os conceitos de Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia.

### **Atividades de Avaliação (AA)**

Serão utilizadas as Respostas das Atividades de Ensino-Aprendizagem em **caráter formativo**, a serem entregues até a data da realização da Atividade 1, conforme Plano de Ensino. O desempenho do aluno será avaliado com base no conjunto das atividades, buscando responder ao RAPU1, utilizando-se uma escala ordinal (qualitativa), composta da seguinte forma:

*Explicar*, em um texto, com cerca de 4 páginas, como os conceitos de Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia se relacionam.

1. (A) Capaz de *explicar*, emitindo julgamentos consistentes, com embasamento teórico, demonstrando domínio sobre o conteúdo.
2. (B) Capaz de *definir*, *analisar* e *relacionar* os conceitos utilizando-se fatos históricos (*selecionar*), no entanto, emite julgamentos pouco consistentes, por falta de domínio sobre o conteúdo.
3. (C) Capaz de *definir* e *analisar* um conjunto de conceitos, e *selecionar* fatos históricos; no entanto, apresenta dificuldades em *relacionar*.
4. (D) Capaz de *definir* um conjunto de conceitos e *selecionar* fatos históricos, mas apresenta dificuldades em *analisar*.
5. (E) Capaz de apenas *selecionar* fatos históricos.
6. (F) Falha em E.

**Observação.** Constatada a caracterização de plágio, em qualquer tipo da atividade entregue, acarretará, automaticamente, na não consideração daquela no cômputo da avaliação.

#### **Representação numérica da Avaliação Qualitativa.**

A+ = 10

**C = 5**

**A = 9**

C- = 4,5

A- = 8,5

D+ = 3,5

B+ = 8

**D = 3**

**B = 7**

D- = 2,5

B- = 6,5

**E = 1**

C+ = 5,5

**F = 0**



**APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA UTILIZADO  
PARA A CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO**

Atividade: Explicar a relação entre os conceitos de Arte, Ciência e Tecnologia e Engenharia.

## ENTREVISTA 1

I. Observações quanto ao conhecimento prévio do sujeito sobre os conceitos e a relação entre eles.

**a.** Verificar o conhecimento prévio que o sujeito possui sobre cada um dos conceitos.

i. *Com base no seu entendimento, poderia, por favor, tentar uma definição sobre o que é...? (Para que o sujeito responda é estabelecido um tempo (até 10min) para formular sua definição, orientando que sua resposta seja escrita por extenso, utilizando diagramas, figuras e/ou exemplos que possam auxiliar em sua externalização).*

ii. *Qual o motivo que o leva a entender o conceito de... dessa forma?*

iii. *O que quer dizer com o termo... no conceito de...?*

**b.** Verificar o conhecimento prévio que o sujeito possui sobre as relações dos conceitos com a Engenharia.

i. *Poderia, por favor, me dizer como acha que a Ciência, a Arte e a Tecnologia Engenharia se relacionam? (O sujeito pode ser orientado para explicar a relação entre os conceitos partindo-se de um ‘exemplo prático’ ou aplicado pela Engenharia: um automóvel, uma edificação, um dispositivo eletroeletrônico etc.).*

II. Observações quanto ao planejamento para a execução das atividades meios fins.

**a.** *Para conseguir atingir o objetivo proposto, por onde (ou quais atividades) começaria?*

i. Verificar na conduta do sujeito a presença/ausência da sistematização mental das etapas para o desenvolvimento da atividade e se há alguma consideração, por parte deste, do grau de complexidade sobre as atividades (se o sujeito apenas agrupa as atividades ou há algum tipo de seriação).

**b.** *Qual o motivo que o leva a organizar as atividades dessa forma?*

**c. Teria mais alguma atividade a considerar?**

**d. Poderia, por favor, me dizer no que, mais especificamente, consistiria a atividade de...?** (No intuito de evitar ambiguidades sobre a compreensão do sujeito quanto às atividades empregadas tais como analisar, pesquisar, comparar, identificar etc.)

i. Verificar na conduta do sujeito quais os meios (atividades) empregados/intencionados.

**Obs.:** Solicitar ao sujeito que pesquise três referências, na literatura especializada (livros ou artigos científicos), nas quais poderia encontrar mais informações sobre possíveis definições para cada um dos conceitos, solicitando que ele(a) terá que realizar um novo posicionamento a partir daqueles estudados (Fim da Entrevista 1).

## ENTREVISTA 2

III. Observações quanto ao grau de complexidade dos conceitos discutidos e atividades realizadas

**a. Desde nossa última entrevista, quanto às atividades que havia considerado para atingir o objetivo proposto, poderia me dizer quais foram as atividades que você realizou e descrevê-las? Além disso, houve a necessidade de considerar alguma atividade nova ou modificar/excluir uma existente? Poderia dizer o motivo?**

**b. Agora que você estudou as referências, poderia, por favor, tentar definir novamente o que é... ?** (Para que o sujeito responda é estabelecido um tempo (até 10min) para formular sua definição, orientando que sua resposta seja escrita por extenso, utilizando diagramas, figuras e/ou exemplos que possam auxiliar em sua externalização).

**c. Poderia me dizer, como foi que chegou a esse entendimento?** (No intuito de verificar as atividades que o sujeito empregou para conhecer os conceitos e chegar a uma nova compreensão destes: se apenas escolhe um entre os conceitos ou realiza sínteses, extraindo elementos de cada um deles que para ele seria uma definição mais completa/abrangente etc.).

Para verificar como o sujeito chegou a sua nova compreensão, indagar sobre o seguinte:

***a. Você acha que a inclusão de mais referências para cada conceito mudaria a sua compreensão sobre eles? Por quê?***

Depois que o sujeito se posicionou quanto ao seu entendimento sobre cada um dos conceitos, questiona-se o seguinte:

***a. A partir do que você entende, até agora, sobre cada conceito, acha que consegue explicar qual a relação entre eles? Diga-me, por favor, o motivo.***

**Obs.:** Caso o sujeito responda sim, proceder com a continuação do protocolo na mesma entrevista. Caso o sujeito responda que não, encerrar a Entrevista 2 e agendar Entrevista 3.

### ENTREVISTA 3

IV. Observações quanto ao grau de complexidade das explicações formuladas sobre as relações dos conceitos de Ciência, Tecnologia, Arte e Engenharia.

(Caso seja Entrevista 3, iniciar com o Roteiro da Observação III – Entrevista 2)

***a. Poderia, por favor, explicar qual a relação entre os conceitos de Arte, Ciência e Tecnologia e Engenharia? (Para que o sujeito responda é estabelecido um tempo (até 10min) para formular sua explicação, orientando que sua resposta seja escrita por extenso, utilizando diagramas, figuras e/ou exemplos que possam auxiliar em sua externalização).***

***b. Há mais alguma coisa que gostaria de mencionar sobre a relação dos conceitos, a fim de complementar a sua explicação?***



**APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E  
ESCLARECIDO**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
(TCLE)**

**Título da pesquisa: EXPLICAÇÕES SOBRE A PASSAGEM AO  
ESTADO DE COMPETÊNCIA NO SUJEITO ESTUDANTE:  
CONTRIBUIÇÕES À EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA PARA O  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.**

**Pesquisador: FABRÍCIO KURMAN MERLIN**

**Endereço:**

**Telefone:**

**Orientador: VERA LÚCIA DUARTE DO VALLE PEREIRA**

**Local de realização da pesquisa: UNIVERSIDADE  
TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS  
APUCARANA**

**Endereço, telefone do local: RUA MARCÍLIO DIAS, 635.  
APUCARANA – PR. (43) 3425-6460**

**A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE 1. Apresentação da  
pesquisa.**

O motivo que nos leva a estudar o problema do desenvolvimento das competências sob a perspectiva do Desenvolvimento Sustentável na Educação em Engenharia é a busca de explicações científicas para a passagem ao estado de competência no sujeito estudante quando está diante de uma situação específica que demanda a resolução de um problema relacionado a sua área de formação profissional. Assim, a pesquisa se justifica por buscar esclarecimentos de como o sujeito irá se tornar competente frente a uma dada situação que precisa solucionar um problema relacionado à sua área de formação profissional, contribuindo para possíveis aperfeiçoamentos no processo de ensino-aprendizagem da Educação em Engenharia.

**2. Objetivos da pesquisa.**

O objetivo desse projeto é investigar a passagem ao estado de competência no sujeito estudante de Engenharia.

### **3. Participação na pesquisa.**

O procedimento de coleta de dados da seguinte forma: Será utilizado o chamado ‘Método Clínico’ em que o sujeito será abordado por meio de entrevistas orientadas por questões norteadoras abertas. Cada entrevista prevê duração de uma hora. As entrevistas terão uma frequência semanal (uma por semana), sendo em número de três ou quatro.

### **4. Confidencialidade.**

Os resultados da pesquisa serão enviados para você e sua identificação será mantida em sigilo. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada na Coordenação do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Campus de Apucarana, e outra será fornecida a você.

### **5. Desconfortos, Riscos e Benefícios.**

#### **5a) Desconfortos e ou Riscos:**

Existe um desconforto mínimo a você que se submeter à coleta dos dados no que se refere à frequência das entrevistas (semanal) e a duração de todo o processo (que poderá levar de três a quatro semanas para a coleta de dados).

#### **5b) Benefícios:**

Seus benefícios compreendem na possibilidade de maiores esclarecimentos para aperfeiçoamentos no ensino e na aprendizagem para os cursos de Engenharia.

### **6. Critérios de inclusão e exclusão.**

**6a) Inclusão:** Devido às restrições de tempo e recursos financeiros do pesquisador para o desenvolvimento da pesquisa, os sujeitos participantes da pesquisa são preferencialmente estudantes do curso de Engenharia Têxtil, da UTFPR - Campus Apucarana - que estão frequentando a disciplina de Introdução à Engenharia pela primeira vez. Além disso, estão inclusos estudantes de todos os gêneros, etnias,

crenças, faixas etárias (menores de idade desde que haja um responsável legal) e que apresentam condições mentais normais (não apresentam transtornos ou déficits de cognição que possam inviabilizar a sua participação na pesquisa).

**6b) Exclusão:** Sujeitos que não estão matriculados no curso de Engenharia Têxtil no Campus Apucarana ou que já fizeram a disciplina de Introdução à Engenharia pelo menos uma vez, nos últimos dois anos. Além disso, estudantes que: apresentam transtornos ou déficits cognitivos que inviabilizem a sua participação na pesquisa; são menores de idade que não tenham um responsável legal; e, possuam algum tipo de problema de saúde que os impeçam de realizar as entrevistas presencialmente nas dependências do Campus.

## **7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.**

Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

## **8. Ressarcimento ou indenização.**

A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional em caso de haver gastos de tempo, transporte, creche, alimentação, etc. deve ser prevista uma compensação financeira que deverá ser calculada de acordo com gastos reais do participante.

## **B) CONSENTIMENTO (do sujeito de pesquisa ou do responsável legal – neste caso anexar documento que comprove parentesco/tutela/curatela)**

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro

ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

CEP: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinatura pesquisador: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Nome completo: FABRICIO KURMAN MERLIN

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com FABRICIO KURMAN MERLIN, via e-mail: [fabriciomerlin@utfpr.edu.br](mailto:fabriciomerlin@utfpr.edu.br) ou telefone:

**Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado**

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)

REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone: 33104943, e-mail: [coep@utfpr.edu.br](mailto:coep@utfpr.edu.br)

**OBS:** este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao sujeito de pesquisa.



**APÊNDICE D – RECORTES DAS ENTREVISTAS (PRIMEIRA  
ETAPA DE COLETA DE DADOS)**

O conteúdo deste Apêndice não está disponível nessa versão. Entrar em contato com o autor ([fabricioerlin@utfpr.edu.br](mailto:fabricioerlin@utfpr.edu.br))



**APÊNDICE E – RECORTES DAS ENTREVISTAS (SEGUNDA  
ETAPA DE COLETA DE DADOS)**

O conteúdo deste Apêndice não está disponível nessa versão. Entrar em contato com o autor ([fabricioerlin@utfpr.edu.br](mailto:fabricioerlin@utfpr.edu.br))

**APÊNDICE F – MATRIZES CONTENDO OS ÍNDICES SOBRE A  
DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS DE CIÊNCIA, ARTE,  
TECNOLOGIA E ENGENHARIA**

O conteúdo deste Apêndice não está disponível nessa versão. Entrar em contato com o autor ([fabricioerlin@utfpr.edu.br](mailto:fabricioerlin@utfpr.edu.br))

**APÊNDICE G – MATRIZES CONTENDO OS ÍNDICES DAS  
ATIVIDADES REALIZADAS PARA OS CONCEITOS DE  
CIÊNCIA, ARTE, TECNOLOGIA E ENGENHARIA**

O conteúdo deste Apêndice não está disponível nessa versão. Entrar em contato com o autor ([fabricioerlin@utfpr.edu.br](mailto:fabricioerlin@utfpr.edu.br))

**APÊNDICE H – ÍNDICES SOBRE A EXPLICAÇÃO DA  
RELAÇÃO ENTRE OS CONCEITOS DE CIÊNCIA, ARTE,  
TECNOLOGIA E ENGENHARIA**

O conteúdo deste Apêndice não está disponível nessa versão. Entrar em contato com o autor ([fabriciomerlin@utfpr.edu.br](mailto:fabriciomerlin@utfpr.edu.br))